

**APLIKASI TEKNOLOGI AKUAPONIK SEDERHANA PADA BUDIDAYA  
IKAN AIR TAWAR UNTUK OPTIMALISASI PERTUMBUHAN TANAMAN  
SAWI (*Brassica juncea* L.)**

**Skripsi**

Diajukan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd.)  
Pada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung



**Disusun Oleh :**

**Nama: Habiburrohman  
NPM: 1311060238**

**Jurusan: Pendidikan Biologi**



**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
RADEN INTAN LAMPUNG  
1439H/2018M**

**APLIKASI TEKNOLOGI AKUAPONIK SEDERHANA PADA BUDIDAYA  
IKAN AIR TAWAR UNTUK OPTIMALISASI PERTUMBUHAN TANAMAN  
SAWI (*Brassica juncea* L.)**

**Skripsi**

Diajukan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd.)  
Pada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung



**Nama: Habiburrohman  
NPM: 1311060238**

**Jurusan: Pendidikan Biologi**

**Pembimbing 1: Dwijowati Asih Saputri, M.Si  
Pembimbing 2: Suci Wulan Pawhestri, M.Si**



**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
RADEN INTAN LAMPUNG  
1439H/2018M  
ABSTRAK**

# **APLIKASI TEKNOLOGI AKUAPONIK SEDERHANA PADA BUDIDAYA IKAN AIR TAWAR UNTUK OPTIMALISASI PERTUMBUHAN TANAMAN SAWI (*Brassica juncea* L.)**

**Oleh:  
Habiburrohman**

Akuaponik merupakan kombinasi sistem akuakultur dan hidroponik yang saling menguntungkan. Akuakultur merupakan budidaya ikan, sedangkan hidroponik dapat diartikan memberdayakan air. Dalam proses akuaponik tanaman memanfaatkan unsur hara yang berasal dari kotoran ikan. Bakteri pengurai akan mengubah kotoran ikan menjadi unsur nitrogen, kemudian unsur tersebut akan dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi bagi tanaman. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan sistem akuaponik dan non akuaponik pada budidaya ikan air tawar terhadap pertumbuhan tanaman sawi.

Penelitian ini dilakukan di kolam budidaya ikan air tawar di Desa Sumberjaya Kecamatan Jatiagung Kabupaten Lampung Selatan dan pengukuran kandungan senyawa kimia air kolam di Laboratorium Budidaya Perikanan Politeknik Negeri Lampung pada bulan Mei 2017. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Terdapat 3 perlakuan air kolam ikan, yaitu P1 (Non Akuaponik), P2 (Akuaponik Ikan Lele), P3 (Akuaponik Ikan Nila). Teknik yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK). Pengambilan sampel dilakukan pada hari ke 16, 23 dan 30 hari setelah tanam (hst).

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara eksperimen, pengamatan dan dokumentasi. Data yang diperoleh dianalisis deskriptif kuantitatif. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun sawi pada sistem akuaponik lebih baik dibandingkan pada sistem non akuaponik, sedangkan pengukuran lebar daun sawi hijau (*Brassica juncea* L.) pada sistem akuaponik maupun non akuaponik tidak memberikan perbedaan yang nyata.

**Kata Kunci :** Akuaponik, air kolam ikan, sawi hijau (*Brassica juncea* L.)

## MOTTO

وَاللَّهُ أَخْرَجَكُمْ مِنْ بُطُونِ أُمَّهَاتِكُمْ لَا تَعْلَمُونَ شَيْئًا وَجَعَلَ لَكُمُ السَّمْعَ وَالْأَبْصَرَ

وَالْأَفْئِدَةَ لَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ



*Artinya : “Dan Allah mengeluarkan kamu dari perut ibumu dalam Keadaan tidak mengetahui sesuatupun, dan Dia memberi kamu pendengaran, penglihatan dan hati, agar kamu bersyukur”.<sup>1</sup>*

---

<sup>1</sup>Dapartemen Agama RI, *Al-Qur'an dan Terjemahnya*, (Ponegoro: Bandung, 2006), h. 220.



## PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'almiin, dengan penuh syukur kepada Allah SWT skripsi ini ku persembahkan kepada :

1. Ilahi Rabbi tempat penulis mengabdikan, memuji, bersyukur, berkeluh kesah dan memohon pertolongan, Uswah Hasanah Rasulullah SAW yang telah menunjukkan dan menuntun umatnya ke jalan yang diridhoiNya
2. Kedua orang tua ku tercinta Ayahanda Abdul Rohim dan Ibunda Siti Rohimah yang senantiasa selalu memberi kasih sayang, semangat dan dukungan baik secara moril ataupun materil, do'a suci yang tak pernah terputus serta bimbingan yang sangat berguna bagi ku.
3. Adik-adikku tersayang Muhammad Rasyid dan Maulana Muhammad Zaeny yang senantiasa memberiku semangat dan keceriaan dalam hari-hari indah ku.
4. Sahabat – sahabatku tercinta seperjuangan Jurusan Pendidikan Biologi Angkatan 2013 yang senantiasa menjadi penyemangat dalam penyelesaian study ku, terimakasih telah menjadi sahabat- sahabat yang terbaik untukku.
5. Almamaterku tercinta Universitas Islam Negeri (UIN) Raden Intan Lampung.

## **RIWAYAT HIDUP**

Habiburrohman dilahirkan pada tanggal 28 Juli 1995 , anak laki-laki dari pasangan suami istri Bapak Abdul Rohim dan Ibu Siti Rohimah, yang merupakan anak pertama dari tiga bersaudara.

Pendidikan sekolah TK di TK Al-Munawaroh dari tahun 1999-2001, kemudian Pendidikan sekolah dasar ditempuh di MI Pelita Sumber Jaya yang diselesaikan pada tahun 2007. Kemudian melanjutkan ke sekolah Menengah Pertama di SMP Sunan Kalijaga diselesaikan pada tahun 2010 dan sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Jatiagung diselesaikan pada tahun 2013. Kemudian pada tahun 2013 penulis meneruskan pendidikan S1 ke Perguruan Tinggi Islam pada Jurusan Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah Dan Keguruan Universitas Islam Negeri (UIN) Raden Intan Lampung di Provinsi Lampung.

Pengalaman organisasi yang pernah diikuti selama menjadi siswa penulis aktif dalam berbagai kegiatan intra maupun ekstra pernah menjadi anggota Organisasi Siswa Intra Sekolah (OSIS) tahun 2011-2012. Kemudian pada tahun 2014 – 2015 penulis menjadi anggota organisasi Himpunan Mahasiswa Jurusan Biologi (HMJ-Bio).

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim,*

Dengan mengucapkan syukur kehadiran Allah SWT, berkat rahmat dan karunia yang dilimpahkan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Shalawat serta salam penulis haturkan kepada junjungan Nabi agung Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat dan para pengikutnya.

Skripsi ini disusun guna memenuhi dan melengkapi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Pendidikan dalam ilmu Tarbiyah Dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung. Skripsi yang berjudul aplikasi teknologi akuaponik sederhana pada budidaya ikan air tawar untuk optimalisasi pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) ini dalam penyusunannya penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan dan kekeliruan, hal ini semata-mata karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang penulis miliki. Oleh karena itu penulis mempunyai banyak harapan semoga skripsi ini dapat menjadi alat penunjang dan ilmu pengetahuan bagi penulis dan pembaca pada umumnya.

Dalam usaha penyelesaian skripsi ini, penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak, baik berupa bantuan materi maupun moril. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang terlibat atas penulisan skripsi ini dengan segala partisipasi dan motivasinya. Secara khusus penulis ucapkan terima kasih terutama kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Chairul Anwar, M.Pd, selaku Dekan Fakultas Tarbiyah UIN Raden Intan Lampung.
2. Bapak Dr. Bambang Sri Anggoro, M.Pd dan Ibu Dwijowati Asih Saputri, M.Si selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Pendidikan Biologi Fakultas Tabiyah dan keguruan UIN Raden Intan Lampung.
3. Ibu Dwijowati Asih Saputri, M.Si Dan Ibu Suci Wulan Pawhestri, M.Si selaku pembimbing I dan pembimbing II yang telah memberikan waktu, untuk memberikan bimbingan dan petunjuknya dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak dan Ibu Dosen di lingkungan Fakultas Tarbiyah dan keguruan UIN Raden Intan Lampung yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan pada penulis selama di bangku kuliah.
5. Orang tuaku tercinta Bapak Abdul Rohim dan Ibu Siti Rohimah karena beliau penulis dapat berdiri tegak diatas dikoridor-Nya. Seribu bintang belum bisa membalas semua cintamu, hanya ridhomu yang selalu penulis harapkan atas semua yang kau berikan. Adik-adikku tercinta; Muhammad Rasyid dan Maulana Muhammad Zaeny yang selalu memberikan dukungan dan semangat.
6. Bapak Wahid Amin yang telah memberikan bantuan dan kemudahan bagi penulis untuk mengumpulkan data yang penulis perlukan dalam penyusunan skripsi ini.
7. Bapak dan Ibu staf dan karyawan di lingkungan Fakultas Tarbiyah dan keguruan UIN Raden Intan Lampung.

8. Teman semasa kecilku Siti Rodiyah yang selalu memberikan semangat dan selalu memberikan motivasi dalam menyelesaikan study ini.
9. Sahabat senasib seperjuangan, Tinto Dwi Nata, M. Khairul Anam, Aziz Kurniawan, Aditya Fairuz Azizi, Nuriyah Wahyuningsih dan semua keluarga Biologi F 2013 yang selalu memberiku semangat dan motivasi dalam menyelesaikan study ini.
10. Rekan-rekan angkatan 2013 yang tidak segan-segan memberikan bantuan dan dukungan, baik materi maupun moril terhadap penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. Kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan skripsi ini baik langsung maupun tak langsung.



Semoga Allah SWT memberikan rahmat dan hidayahnya sebagai balasan atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

Demikian skripsi ini penulis buat, semoga dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan umumnya para pembaca, atas bantuan dan partisipasinya yang diberikan kepada penulis semoga menjadi amal ibadah disisi Allah SWT dan mendapatkan balasan yang setimpal. Amin ya robbal'alam.

Bandar Lampung, 22 Januari 2018  
Peneliti,

**HABIBURROHMAN**  
NPM. 1311060238

## DAFTAR ISI

|                          |      |
|--------------------------|------|
| HALAMAN JUDUL .....      | i    |
| ABSTRAK.....             | ii   |
| HALAMAN PERSETUJUAN..... | iii  |
| HALAMAN PENGESAHAN ..... | iv   |
| MOTTO .....              | v    |
| PERSEMBAHAN.....         | vi   |
| RIWAYAT HIDUP .....      | vii  |
| KATA PENGANTAR.....      | viii |
| DAFTAR ISI .....         | xi   |
| DAFTAR TABEL.....        | xiv  |
| DAFTAR GAMBAR .....      | xv   |
| DAFTAR GRAFIK .....      | xvi  |
| DAFTAR LAMPIRAN.....     | xvii |

### BAB I PENDAHULUAN

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| A. Latar Belakang .....       | 1  |
| B. Identifikasi Masalah ..... | 9  |
| C. Batasan Masalah .....      | 9  |
| D. Rumusan Masalah.....       | 9  |
| E. Tujuan Penelitian .....    | 10 |
| F. Kegunaan Penelitian .....  | 10 |

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| A. Teknologi Akuaponik.....         | 11 |
| 1. Pengertian Akuaponik.....        | 11 |
| 2. Keunggulan Sistem Akuaponik..... | 12 |
| 3. Teknik Akuaponik.....            | 14 |
| 4. Sistem Akuaponik .....           | 15 |
| 5. Parameter Akuaponik.....         | 21 |

|   |    |
|---|----|
| B. Ikan Lele.....                       | 26 |
| 1. Klasifikasi Ikan Lele .....          | 27 |
| 2. Morfologi Ikan Lele .....            | 28 |
| 3. Sifat dan Habitat Lele.....          | 29 |
| C. Ikan Nila.....                       | 32 |
| 1. Klasifikasi Ikan Nila.....           | 32 |
| 2. Morfologi Ikan Nila.....             | 33 |
| 3. Habitat dan Perilaku Ikan Nila ..... | 35 |
| 4. Kebiasaan Makan Ikan Nila.....       | 36 |
| 5. Perkembangbiakan Ikan Nila.....      | 37 |
| D. Tanaman Sawi.....                    | 38 |
| 1. Klasifikasi Sawi.....                | 38 |
| 2. Morfologi Tanaman Sawi.....          | 39 |
| 3. Syarat Tumbuh Tanaman Sawi.....      | 40 |
| 4. Hama dan Penyakit.....               | 41 |
| 5. Panen dan Pasca Panen .....          | 42 |
| E. Kerangka Pemikiran .....             | 42 |
| F. Hipotesis.....                       | 44 |

### **BAB III METODE PENELITIAN**

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| A. Waktu dan Tempat.....        | 45 |
| B. Alat dan Bahan.....          | 45 |
| C. Desain Penelitian .....      | 45 |
| D. Prosedur Penelitian .....    | 46 |
| E. Teknik Pengumpulan Data..... | 52 |
| F. Teknik Analisis Data .....   | 53 |
| G. Alur Kerja Penelitian.....   | 54 |

#### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

|  |    |
|--|----|
| A. Hasil Penelitian .....  | 55 |
| 1. Parameter Kimia Kolam.....                                      | 55 |
| 2. Pengamatan Tanaman Sawi Hijau ( <i>Brassica juncea</i> L.)..... | 59 |
| B. Pembahasan.....   | 61 |
| 1. Parameter Kimia Air Kolam .....                                 | 63 |
| 2. Pengamatan Tanaman Sawi Hijau ( <i>Brassica juncea</i> L.)..... | 68 |
| C. Hasil Penelitian Sebagai Sumber Belajar.....                    | 70 |

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

|                     |    |
|---------------------|----|
| A. Kesimpulan ..... | 72 |
| B. Saran .....      | 72 |



#### **DAFTAR PUSTAKA LAMPIRAN-LAMPIRAN**



## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 1. Parameter Pada Sistem Akuaponik .....                              | 24 |
| Tabel 2. Hasil Pengukuran Senyawa Kimia Air Kolam .....                     | 59 |
| Tabel 3. Rerata Tinggi Tanaman Sawi Hijau ( <i>Brassica juncea</i> L.)..... | 60 |
| Tabel 4. Rerata Lebar Daun Sawi Hijau ( <i>Brassica juncea</i> L.).....     | 60 |
| Tabel 5. Rerata Jumlah Daun Sawi Hijau ( <i>Brassica juncea</i> L.) .....   | 61 |



## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 1. Sistem Pasang Surut .....                         | 18 |
| Gambar 2. Sistem Rakit Apung.....                           | 29 |
| Gambar 3 Sistem <i>Deep Flow Technique</i> (DFT).....       | 20 |
| Gambar 4. Sistem <i>Nutrient Film Technique</i> (NFT) ..... | 21 |
| Gambar 5. Siklus Nitrogen .....                             | 25 |
| Gambar 6. Ikan Lele.....                                    | 29 |
| Gambar 7. Ikan Nila.....                                    | 34 |
| Gambar 8. Sawi Hijau.....                                   | 39 |
| Gambar 9 Skema Tahap Pelaksanaan .....                      | 54 |



## DAFTAR GRAFIK

|  |    |
|--|----|
| Grafik 1. Suhu Air Mingguan.....       | 56 |
| Grafik 2. Nilai pH Tiap Perlakuan..... | 57 |



## DAFTAR LAMPIRAN

|   |     |
|---|-----|
| Lampiran 1. Silabus Kegiatan Pembelajaran .....                   | 78  |
| Lampiran 2. Praktikum Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan ..... | 80  |
| Lampiran 3. Data Hasil Pengukuran .....                           | 84  |
| Lampiran 4. Hasil Perhitungan SPSS .....                          | 89  |
| Lampiran 5. Foto-Foto Penelitian .....                            | 98  |
| Lampiran 6. Surat Menyurat.....                                   | 101 |



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar belakang

Menurut UNESCO 1978, secara garis besar total volume air yang ada di bumi adalah 1.385.984.610 km<sup>3</sup>. Terdiri atas 1.338.000.000 km<sup>3</sup> air laut, 12.955.400 km<sup>3</sup> air payau dan 35.029.210 km<sup>3</sup> air tawar. <sup>2</sup> Indonesia memiliki perairan tawar yang sangat luas dan berpotensi besar untuk usaha budidaya berbagai macam jenis ikan air tawar. <sup>3</sup>

Sumber daya perairan tawar di Indonesia meliputi perairan umum, sawah, dan kolam dengan total luas lahan 605.990 hektar. Terdiri atas sungai, waduk dan rawa. Dengan luas lahan perairan tawar tersebut, Indonesia mampu memproduksi 6,7 ton ikan per tahun. Hal ini tentu saja masih jauh di bawah produksi dunia yang mencapai 100 juta ikan per tahun. <sup>4</sup>

Budidaya perikanan adalah kegiatan untuk memproduksi organisme akuatik di lingkungan terkontrol dalam rangka mendapat keuntungan. Organisme akuatik yang diproduksi mencakup kelompok ikan, udang, hewan bercangkang

---

<sup>2</sup> Robert J. Kodoatie, Roestam Sjarief, *Penegelolaan Sumber Daya Air Terpadu*, (Yogyakarta: Andi Offset, 2005), h. 20

<sup>3</sup> Bambang Cahyono, *Budi Daya Ikan Air Tawar*, (Yogyakarta: Kanisius, 2000), h. 9

<sup>4</sup> *Ibid.*, h. 9

(moluska), *echinodermata*, dan alga. Budidaya perikanan juga dapat didefinisikan sebagai campur tangan manusia untuk meningkatkan produktivitas perairan.<sup>5</sup>

Secara garis besar kegiatan budidaya perikanan dibagi menjadi dua bagian, yaitu kegiatan produksi *on farm* dan *off farm*. Kegiatan *off farm* meliputi pengadaan prasarana dan sarana produksi, penanganan hasil panen, distribusi hasil, dan pemasaran. Pada kegiatan produksi *on farm* terdiri dari pembenihan dan pembesaran. Pembenihan ikan adalah kegiatan pemeliharaan yang bertujuan untuk menghasilkan benih dan selanjutnya benih yang dihasilkan menjadi komponen input bagi kegiatan pembesaran. Kegiatan pembenihan ikan mengikuti tahapan dalam siklus hidup ikan di alam. Siklus hidup ikan meliputi induk, telur, larva, benih, juvenil, remaja, dewasa dan induk.<sup>6</sup>

Pembesaran ikan adalah kegiatan pemeliharaan yang bertujuan untuk menghasilkan ikan ukuran konsumsi. Pada kegiatan pembesaran, ikan didorong untuk tumbuh secara maksimal hingga mencapai ukuran panen atau ukuran pasar melalui penyediaan lingkungan media hidup yang optimal, pemberian pakan yang tepat jumlah, mutu, cara dan waktu, pengendalian hama dan penyakit.<sup>7</sup> Pada budidaya perikanan modern, pengaturan sirkulasi air menjadi faktor penting yang mampu menjaga kondisi air agar tetap jernih.<sup>8</sup> Upaya peningkatan mutu budidaya

---

<sup>5</sup> Dewangga Kusuma, *Optimalisasi Produksi Budidaya Ikan Konsumsi Air Tawar*, (Bogor: IPB, 2006), h. 9

<sup>6</sup> *Ibid.*, h. 9

<sup>7</sup> *Ibid.*, h. 10

<sup>8</sup> Nofiandi Riawan, *Step by Step Membuat Instalasi Akuaponik Portabel 1m<sup>2</sup> Hingga Memanen*, (Jakarta: AgroMedia Pustaka, 2016), h. 5

dilakukan dengan cara diversifikasi dan intensifikasi. Diversifikasi diwujudkan dengan memanfaatkan satu hamparan lahan untuk mengembangkan dua jenis usaha sedangkan intensifikasi budidaya ikan ditandai dengan peningkatan padat penebaran yang diikuti dengan peningkatan pemakaian pakan buatan kaya protein.

Menurut Evnimelech (2006), industri akuakultur dalam upaya memperoleh keuntungan menghadapi kendala harga produk rendah, sementara biaya *input* selalu meningkat dan semakin terbatasnya sumberdaya lingkungan, air dan lahan. *“The aquaculture industry struggles to profit in light of low product prices, increasing costs of inputs and constraints due to environmental, water and land limitations”*.<sup>9</sup>

Masalah nyata pada sistem akuakultur intensif adalah cepatnya terkumpul sisa pakan, bahan organik, dan senyawa nitrogen toksik. Hal ini tidak dapat dihindari karena ikan memanfaatkan hanya 20% - 30% nutrisi pakan. Sisanya dikeluarkan dari tubuh ikan dan umumnya terkumpul dalam air. Hal ini pada akhirnya akan menimbulkan penumpukan kandungan amonia dan limbah bahan organik dalam air kolam. Apabila air kolam ini dibuang misalnya pada saat panen, akan menimbulkan ancaman pencemaran bagi perairan sekitarnya.<sup>10</sup>

Akibat adanya proses alih fungsi lahan, maka akan sulit untuk melakukan usaha pertanian, selain itu lahan yang sempit juga menjadi masalah dalam

---

<sup>9</sup> Avnimelech, Y. 2006. Bio-Filter: The need for an new comprehensive approach Aquacultural Engineering, 34(3): 172-178. Abstract. [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6T4C4G4N5TJ...version1&\\_urlVersion=0&userid=10&md5=17a72dc27b1067a391f04537044b4b](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T4C4G4N5TJ...version1&_urlVersion=0&userid=10&md5=17a72dc27b1067a391f04537044b4b). Diakses pada 22 Januari 2017.

<sup>10</sup> Bambang Gunadi dan Rani Hafsaridewi, “Pengendalian Limbah Amonia Budidaya Ikan Lele dengan Sistem Heterotrofik Menuju Sistem Akuakultur Nir-Limbah”. *J. Ris. Akuakultur*, Vol. 3 No. 3 (Tahun 2008), h. 437-448.

berbudidaya ikan. Akuaponik merupakan sebuah alternatif yang membudidayakan tanaman dan ikan dalam satu tempat. Teknik ini mengintegrasikan budidaya ikan secara tertutup (*resirculating aquaculture*) yang dipadukan dengan tanaman. Dalam proses ini tanaman memanfaatkan unsur hara yang berasal dari kotoran ikan. Bakteri pengurai akan mengubah kotoran ikan menjadi unsur nitrogen, kemudian unsur tersebut akan dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi pada tanaman.<sup>11</sup>

Sistem akuaponik juga dapat dilakukan di perkotaan yang lahan kosongnya terbatas. Akuaponik sejatinya bisa diterapkan dalam skala kecil untuk rumahan atau bahkan untuk skala komersial. Budidaya ikan merupakan usaha utama, hasil sayuran merupakan usaha sampingan atau tambahan.<sup>12</sup>

Melalui sistem akuaponik, tanaman tidak perlu disiram atau diberi pupuk setiap hari secara manual. Air di dalam kolam akan didorong ke atas menggunakan bantuan pompa hingga dapat menyirami tanaman. Keuntungan akuaponik untuk kolam dan ikan adalah kebersihan air kolam tetap terjaga, air tidak mengandung zat-zat yang berbahaya bagi ikan karena dalam sistem akuaponik terdapat proses filtrasi.<sup>13</sup> Melalui sistem resirkulasi, air di dalam

---

<sup>11</sup> Fathulloh A.S., N. S. Budiana, *Akuaponik Panen Sayur Bonus Ikan*, (Jakarta: Penebar Swadaya, 2015), h. 17

<sup>12</sup> Cahyo Saparinto, Rini Susiana, *Panduan Lengkap Budidaya Ikan dan Sayuran dengan Sistem Akuaponik*, (Yogyakarta: Lily Publisher, 2010), h. 3

<sup>13</sup> Pinus Lingga, *Hidroponik: Bercocok Tanam Tanpa Tanah*, (Jakarta: Penebar Swadaya, 1999), h. 11



kolam dimanfaatkan oleh sayuran kemudian sisa atau pembuangan air dari sayuran akan masuk kembali ke dalam kolam.<sup>14</sup>

Air mempunyai peranan yang sangat penting dalam kehidupan, tanpa air semua makhluk hidup yang ada di bumi akan mati. Sesuai dengan firman Allah SWT dalam Al-Qur'an surah An-Nahl ayat 65 sebagai berikut:

وَاللَّهُ أَنزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا إِنَّ فِي ذَلِكَ  
لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَسْمَعُونَ ﴿٦٥﴾

Artinya: *"Dan Allah menurunkan dari langit air (hujan) dan dengan air itu dihidupkan-Nya bumi sesudah matinya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kebesaran Tuhan) bagi orang-orang yang mendengarkan (pelajaran)". [Q.S. An-Nahl: 65]*<sup>15</sup>

Sudah jelas dalam ayat di atas, Allah SWT menegaskan dalam firman-Nya bahwa air adalah sumber dari segala kehidupan di bumi. Penegasan tersebut hendaknya menjadi acuan bagi kita sebagai hamba-Nya untuk mengaplikasikan isi ayat tersebut dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya adalah dalam menjaga lingkungan. Islam mengajarkan kepada kita untuk selalu menjaga kebersihan.

Jenis ikan dan sayuran pada sistem akuaponik dapat berbagai macam, seperti ikan mas, nila, gurami, lele dan bawal. Jenis sayuran yang cocok dalam sistem akuaponik ada dua macam, yakni sayuran daun dan sayuran buah. Sayuran daun seperti kangkung, bayam, selada, pakchoy, dan sawi. Sayuran buah seperti

---

<sup>14</sup> Cahyo Saparinto, Rini Susiana, *Op.Cit.* h. 5

<sup>15</sup> Departemen Agama RI, *Al-Qur'an dan Terjemahannya*, (Bandung: Diponegoro, 2015), h. 274

cabai, tomat, dan paprika.<sup>16</sup> Ikan yang dibudidayakan dengan metode akuaponik sebaiknya yang dapat dikonsumsi, mempunyai nilai ekonomis, dan memiliki keindahan. Misalnya ikan lele dan ikan nila.<sup>17</sup>

Ikan lele merupakan ikan yang mendiami rawa dan sungai yang cocok dipelihara di kolam air diam, dapat hidup dalam lumpur dan perairan lembab. Ikan ini mempunyai alat pernapasan tambahan yang terdapat dalam rongga insang.<sup>18</sup> Lele mempunyai kebiasaan beraktivitas dan mencari makanan saat malam hari (*nocturnal*). Saat siang hari lele cenderung berdiam diri dan berlingkungan di daerah yang tenang. Lele dapat memakan zat-zat renik seperti *daphnia*, *moina*, *copepoda*, dan *cladocera*. Lele juga dapat memakan hewan-hewan air yang lebih besar, bahkan memakan bangkai. Oleh sebab itu, lele digolongkan ke dalam ikan karnivora (pemakan daging).<sup>19</sup>

Menurut Craigh & Helfrich (2002), ikan lele mampu memanfaatkan pakan dengan kandungan protein tinggi, namun sebanyak 65% protein akan hilang ke lingkungan. Sebagian besar nitrogen dikeluarkan sebagai amonia ( $\text{NH}_3$ ) melalui insang, dan hanya 10% hilang dalam bentuk limbah padatan. "*Fish are capable of using of high protein diet, but as much as 65% of the protein may be lost to the environment. Most nitrogen is excreted as ammonia ( $\text{NH}_3$ ) by the gills of fish, and only 10% is lost as solid wastes*".<sup>20</sup>

Ikan nila dapat dipelihara dengan kepadatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan ikan-ikan dari golongan Cyprinidae seperti ikan mas, nilam

---

<sup>16</sup> Nofiandi Riawan, *Op.Cit.* h. 5-6

<sup>17</sup> Pinus Lingga, *Op.Cit.* h. 11

<sup>18</sup> *Ibid.* h. 66

<sup>19</sup> Cahyo Saparinto, Rini Susiana, *Op.Cit.* h. 16

<sup>20</sup> Craigh S. and L.A. Helfrich.. *Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding. Virginia Cooperative Extension Service Publication.* 420-256: 1-4.

dan tawes.<sup>21</sup> Ikan nila dapat hidup pada perairan yang dalam dan luas atau yang sempit dan dangkal, termasuk perairan yang ditumbuhi oleh tumbuhan air atau gulma. Ikan nila mudah beradaptasi dengan berbagai tingkat kadar garam terutama dalam kondisi air yang jernih maupun keruh, tetapi ikan nila tidak dapat dipelihara di kolam yang berarus deras. Ikan nila mudah dijumpai di genangan perairan seperti sungai, danau, waduk, embung, rawa, sawah, kolam dan tambak. Ikan nila termasuk ikan omnivora. Saat masa benih nila suka memakan detritus, zooplankton, moina, rotifer, daphnia, ganggang, dan lumut diperairan. Setelah dewasa nila dapat memakan tanaman air seperti hydrilla, plankton, lumut sutra, dan klekap. Ikan nila juga dapat memakan daun ubi jalar, daun petai cina, kangkung, bungkil dedak, ampas kacang, dan pelet.<sup>22</sup>

Tipe sayuran yang dapat diterapkan dalam sistem akuaponik yaitu sayuran yang dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari dan dapat menjadi komoditas ekonomi keluarga. Salah satu jenis sayuran yang bisa diaplikasikan pada sistem akuaponik adalah sawi hijau. Tanaman sawi dapat tumbuh dan beradaptasi dengan baik hampir di semua jenis tanah baik pada tanah-tanah mineral yang bertekstur ringan sampai tanah liat yang bertekstur berat maupun tanah organik seperti tanah gambut. Tanaman ini juga dapat tumbuh di daerah yang berhawa panas maupun berhawa dingin, tetapi hasil yang diperoleh lebih baik di daerah dataran tinggi dibandingkan dataran rendah. Daerah penanaman

---

<sup>21</sup> Pinus Lingga, *Op.Cit.* h. 47

<sup>22</sup> Cahyo Saparinto, *Op.Cit.* h. 23

yang cocok adalah mulai dari ketinggian 5 meter sampai 1.200 meter di atas permukaan laut (dpl). Pada umumnya dibudidayakan di daerah yang mempunyai ketinggian 100 meter sampai 500 meter di atas permukaan laut. Tanaman sawi tahan terhadap air hujan sehingga dapat ditanam sepanjang tahun.

Sawi hijau mempunyai bentuk batang yang pendek dan bulat dengan warna hijau. Daun sawi hijau berbentuk bulat tetapi agak sedikit lonjong dengan warna hijau tua. Daun merupakan bagian terpenting dari tanaman ini karena merupakan bagian yang dapat dikonsumsi. Sawi hijau dapat dipanen pada umur 1 bulan setelah tanam. Sawi hijau yang sudah tua akan berbunga dan akan membentuk bakal biji yang akan digunakan sebagai benih.<sup>23</sup>

Semakin banyak perubahan fungsi lahan di perkotaan seperti deforestasi dan urbanisasi-suburbanisasi yang membuat petani sulit untuk bercocok tanam, khususnya pada jenis sayuran. Masalah lainnya seperti masih kurangnya pemanfaatan limbah perairan secara optimal khususnya limbah air pada budidaya ikan air tawar. Hal ini melatarbelakangi penulis untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai budidaya ikan dan sayuran dengan sistem akuaponik. Penelitian ini diharapkan dapat mengetahui sistem akuaponik pada tanaman sawi hijau, khususnya di lahan yang terbatas.

Kegiatan belajar adalah proses dimana seseorang pendidik menyampaikan sebuah informasi kepada peserta didik yang didukung oleh media pembelajaran

---

<sup>23</sup> Fernandes, "Budidaya Sawi Hijau" (On-line), tersedia di: <http://andisubawa.wordpress.com/2010/03/12/budidaya-sawi-hijau/>. Diakses pada 22 Januari 2017.

yang tepat. Salah satu media pembelajaran yang efektif digunakan adalah LKS. Melalui LKS (Lembar Kerja Siswa) siswa dapat melakukan aktivitas sekaligus memperoleh semacam ringkasan dari materi yang menjadi dasar aktivitas tersebut. Penelitian ini dapat dijadikan sumber belajar dalam bentuk Lembar Kerja Siswa (LKS) yang berkaitan dengan materi Perkembangan dan Pertumbuhan Tumbuhan kelas XII semester ganjil.

#### **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka masalah yang dapat diidentifikasi adalah:

1. Kurangnya pemanfaatan limbah timbunan sisa pakan atau sisa metabolisme ikan (*faeces*) yang dapat dimanfaatkan sebagai nutrisi bagi tumbuhan.
2. Kurangnya optimalisasi dalam pengelolaan limbah pada kolam ikan air tawar.
3. Masih rendahnya pemanfaatan lahan kosong yang terbatas, khususnya di daerah perkotaan sebagai tempat budidaya akuaponik.

#### **C. Batasan Masalah**

Mengingat keterbatasan waktu, kemampuan maupun biaya yang ada, maka peneliti membatasi penelitian eksperimen murni ini yang berkenaan dengan:

1. Sampel yang diamati pada penelitian ini adalah pertumbuhan tanaman sawi.
2. Jenis ikan yang digunakan adalah ikan lele (*Clarias* sp.) dan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan ukuran 27-29 gram/ekor.

3. Media pemeliharaan yang digunakan adalah kolam terpal dengan ukuran 120 cm x 40 cm x 35 cm.

#### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan batasan masalah diatas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Bagaimana perbandingan pertumbuhan tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.) pada sistem akuaponik dan non akuaponik?

#### **E. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan pertumbuhan tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.) pada sistem akuaponik dan non akuaponik.

#### **F. Kegunaan Penelitian**

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah diatas, maka kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi institusi dapat dijadikan sebagai sumber landasan ilmiah untuk melaksanakan pengembangan penelitian berikutnya.
2. Bagi ilmu pengetahuan dapat dijadikan landasan ilmiah untuk membuktikan manfaat limbah air kolam sebagai sumber nutrisi bagi tumbuhan dengan sistem akuaponik.
3. Bagi masyarakat sebagai informasi tentang sistem tanam organik yang ramah lingkungan.

4. Bagi pemangku kebijakan sebagai landasan dan masukan untuk menentukan langkah pengembangan penelitian berikutnya.
5. Bagi pendidik sebagai acuan praktikum pada materi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Teknologi Akuaponik

##### 1. Pengertian Akuaponik

Akuaponik merupakan kombinasi sistem akuakultur dan hidroponik yang saling menguntungkan. Akuakultur merupakan budidaya ikan, sedangkan hidroponik dapat diartikan memberdayakan air.<sup>24</sup> Memelihara ikan dalam suatu wadah, menghasilkan air yang terkontaminasi dengan amonia yang jika terlalu pekat bisa meracuni ikan, tetapi ketika dikombinasikan dengan hidroponik, amonia dalam air limbah perikanan tersebut diubah menjadi nitrit dan nitrat oleh mikrobial yang ada dalam media hidroponik, kemudian diserap oleh tanaman sebagai hara. Tanaman akan tumbuh subur, sementara air sisanya menjadi lebih aman bagi ikan karena tanaman dan medianya berfungsi sebagai penyaring air. Sistem akuaponik juga harus memiliki biofilter dan aerator.<sup>25</sup>

Biofilter menjadi tempat bagi bakteri nitrifikasi untuk mengubah amonia yang dihasilkan oleh kotoran ikan menjadi nitrat yang dapat

---

<sup>24</sup> Rofiq Fariudin, Endang Sulistyaningsih, Sriyanto Waluyo, "Pertumbuhan Dan Hasil Dua Kultivar Selada (*Lactuca sativa* L.) Dalam Akuaponika Pada Kolam Gurami Dan Kolam Nila". *Jurnal Pertanian* (Tahun 2014), h. 246-262

<sup>25</sup> Nugraheni Widyawati, *Urban Farming Gaya Bertani Spesifik Kota*, (Yogyakarta: Lily Publisher, 2013), h. 64



digunakan oleh tanaman, sedangkan aerator berfungsi untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut di dalam air yang bermanfaat bagi ikan dan tanaman.<sup>26</sup>

## 2. Keunggulan Sistem Akuaponik

Adapun keunggulan sistem akuaponik dengan sistem perikanan konvensional, antara lain:

### a. Hemat Air

Sistem akuaponik merupakan sebuah ekosistem lingkungan antara ikan dan tumbuhan yang sangat hemat air. Penurunan volume air tetap terjadi, tetapi jumlahnya relatif sedikit yang disebabkan oleh proses penguapan air dan terserap oleh tanaman. Penambahan air hanya dilakukan sekitar seminggu sekali hingga ketinggian air yang telah ditentukan, sedangkan sistem perikanan konvensional harus mengganti atau mengisi kolam berulang kali agar ikan tidak keracunan dari limbah ikan itu sendiri.

### b. Zero Waste

Dalam sistem perikanan konvensional, kotoran ikan dan sisa pakan harus dibersihkan, jika tidak dibersihkan akan terjadi penumpukan amonia yang dapat meracuni ikan. Pada sistem akuaponik, air yang mengandung limbah diubah oleh mikroorganisme menjadi nutrisi yang bermanfaat

---

<sup>26</sup> Nofiandi Riawan, *Step by Step Membuat Instalasi Akuaponik Portable 1 m<sup>2</sup> Hingga Memanen*, (Jakarta: AgroMedia Pustaka, 2016), h. 7

untuk pertumbuhan tanaman, sehingga tidak ada air dan sisa pakan yang terbuang, semua dapat dimanfaatkan kembali.

c. Mudah Perawatannya

Pada sistem perikanan konvensional, waktu yang dihabiskan untuk merawat ikan sekitar 5 – 10 menit per hari, menguras dan membersihkan kolam juga harus dilakukan secara rutin. Dengan aplikasi akuaponik, perawatan tidak membutuhkan tenaga yang terlalu banyak dan cukup dilakukan 3 - 4 hari sekali, meliputi pengecekan suhu, pH, dan tingkat amonia serta membersihkan beberapa komponen instalasi.

d. Tanpa Bahan Kimia

Tanaman pada sistem akuaponik tidak menggunakan pupuk kimia selama pertumbuhannya dan ikan pada sistem akuaponik tidak membutuhkan unsur kimia selama dibudidayakan. Akuaponik memanfaatkan limbah atau kotoran ikan sebagai pupuk bagi tanaman, pertumbuhan tanaman menjadi alami dan hasil panen akuaponik terjamin bebas dari unsur kimia.

e. Hama Berkurang

Pada sistem akuaponik kehadiran hama pengganggu tanaman atau ikan bisa dibilang minim. Sama halnya dengan hidroponik, hama pengganggu pada sistem bertanam tanpa tanah ini hampir tidak ada. Jika ada kendala selama budidaya tanaman secara akuaponik, biasanya terjadi

karena penyakit, seperti busuk akar. Penyakit busuk akar dapat dicegah dengan memelihara kebersihan lingkungan dan melakukan perawatan komponen akuaponik secara berkala.<sup>27</sup>

### 3. Teknik Akuaponik

Akuaponik dapat dikembangkan dengan terobosan dalam bidang perbaikan produk, peningkatan sistem, dan penekanan pada biaya produksi. Salah satu teknik yang dapat diterapkan untuk mengembangkan usaha akuaponik, yaitu diversifikasi. Diversifikasi diwujudkan dengan memanfaatkan suatu hamparan lahan untuk mengembangkan dua jenis usaha.

Diversifikasi dibagi menjadi dua varian, antara lain:

#### a. Diversifikasi Satu Varian

Diversifikasi satu varian yaitu dalam satu hamparan lahan hanya terdapat satu jenis usaha budidaya ikan. Misalnya, budidaya ikan lele, dumbo, nila atau gurami. Pada teknik diversifikasi satu varian, selain budidaya ikan, budidaya sayuran juga dapat dikembangkan, seperti tomat, cabai, seledri, atau terung.

#### b. Diversifikasi Banyak Varian

Diversifikasi banyak varian yaitu dalam satu hamparan lahan terdapat beberapa jenis usaha yang dikelola bersama. Misalnya, budidaya

---

<sup>27</sup> *Ibid.* h. 11-12

ikan gurami dan lele dumbo dengan beberapa jenis sayuran, seperti cabai dan terung dalam satu hamparan lahan.<sup>28</sup>

#### 4. Sistem Akuaponik

Usaha akuaponik dapat dilakukan dengan dua sistem, antara lain:

a. Sistem resirkulasi

Sistem resirkulasi diterapkan dengan memanfaatkan air untuk budidaya ikan dan sayuran secara daur ulang. Air dalam kolam (budidaya ikan) juga dimanfaatkan dalam usaha pertanian (sayuran). Sisa atau pembuangan air dari bertanam sayuran akan masuk kembali ke dalam kolam. Sistem resirkulasi terbagi dalam dua jenis, yaitu:

1) Resirkulasi Terbuka

Resirkulasi terbuka adalah sistem resirkulasi yang dilakukan di tempat terbuka. Kegiatan usaha akuaponik yang dilakukan di tempat terbuka biasanya berskala cukup besar. Sistem ini memanfaatkan kolam ikan sebagai tempat budidaya sayuran dengan media pot. Pada sistem ini, pemilik harus memperhatikan faktor alam. Faktor alam yang dimaksud adalah panas matahari dan curah hujan.

Panas matahari dapat menguapkan air kolam dan kandungan air dalam sayuran. Untuk mengantisipasi penguapan air kolam secara berlebihan, penambahan air pada kolam harus dilakukan secara

---

<sup>28</sup> Cahyo Saparinto, Rini Susiana, *Panduan Lengkap Budidaya Ikan dan Sayuran dengan Sistem Akuaponik*, (Yogyakarta: Lily Publisher, 2014), h. 3

berkala. Curah hujan juga dapat membuat volume air kolam meningkat, pembuangan air kolam harus dilakukan baik secara manual maupun secara otomatis. Penyeimbangan volume air dapat mempertahankan kualitas, densitas, dan kekeruhan air dalam tahap yang aman.

## 2) Resirkulasi Tertutup

Resirkulasi tertutup adalah sistem resirkulasi yang dilakukan di tempat tertutup, misalnya memanfaatkan akuarium di dalam rumah. Pada ruangan tertutup, ruang sirkulasi sinar matahari harus tetap ada, baik secara langsung maupun tidak langsung. Secara tidak langsung dapat memanfaatkan sumber cahaya lain, seperti lampu TL. Sayuran dalam ruang tertutup, tetap membutuhkan cahaya untuk melakukan proses fotosintesis.

Sistem resirkulasi tertutup dapat menghemat air. Air tidak mengalami penguapan karena terpapar sinar matahari secara langsung, tetapi kondisi air juga harus tetap di perhatikan. Air yang sudah keruh harus diganti dengan air yang baru.


### b. Sistem Satu Media

Sistem satu media hanya memanfaatkan media air yang ada. Media tanaman sayuran di tempatkan ke dalam media air (kolam) budidaya ikan. Sayuran dapat langsung memanfaatkan air kolam dan harus menggunakan

media tanam yang tidak menyebabkan air keruh. Media yang menyebabkan air keruh dapat menimbulkan masalah bagi ikan. Media tanam yang digunakan juga harus kuat dan tidak mudah rusak atau membusuk.<sup>29</sup>

Selain sistem resirkulasi dan sistem satu media, sistem akuaponik juga memiliki 4 (empat) perbedaan prinsip yang mendasar pada teknik hidroponik yang digunakan untuk menanam. Perbedaan tersebut antara lain:

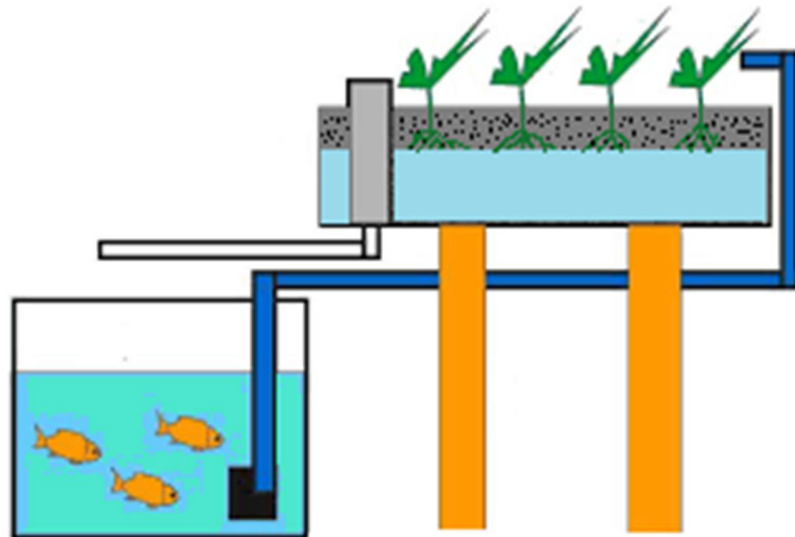
1) Sistem Pasang Surut



Cara kerja sistem pasang surut yaitu pompa di dalam kolam ikan akan mengangkat air menuju ke atas dan membanjiri wadah tanaman yang berisi akar tanaman. Dengan bantuan *auto sifon*, air akan mengalir kembali ke bawah atau kolam. Batas ketinggian air dan jumlah air yang keluar dari dalam wadah diatur oleh *auto sifon*. Akar tanaman akan menyerap unsur hara selama beberapa waktu saat air pasang dan selanjutnya bernapas saat air surut. Proses ini terjadi secara kontinu. Proses resirkulasi pada sistem pasang surut dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini.

---

<sup>29</sup> *Ibid.* h. 5-8



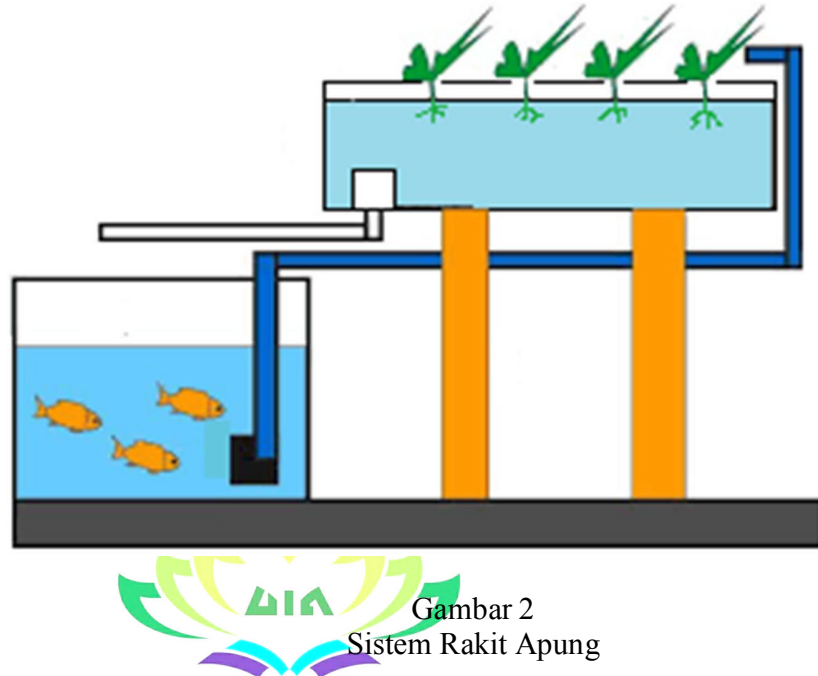
Gambar 1  
Sistem Pasang Surut <sup>30</sup>

## 2) Sistem Rakit Apung

Cara kerja sistem rakit apung yaitu tanaman ditempatkan dan dibesarkan di lubang *styrofoam* atau pipa PVC. Posisi *styrofoam* menggantung sehingga ada jarak antara permukaan air dengan pangkal akar. Kelemahan sistem ini diantaranya asupan nutrisi sangat kurang untuk tanaman dan pemasangan filter yang terpisah. Proses resirkulasi pada sistem rakit apung dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini.

---

<sup>30</sup> Nofiandi Riawan, *Op.Cit.* h. 8

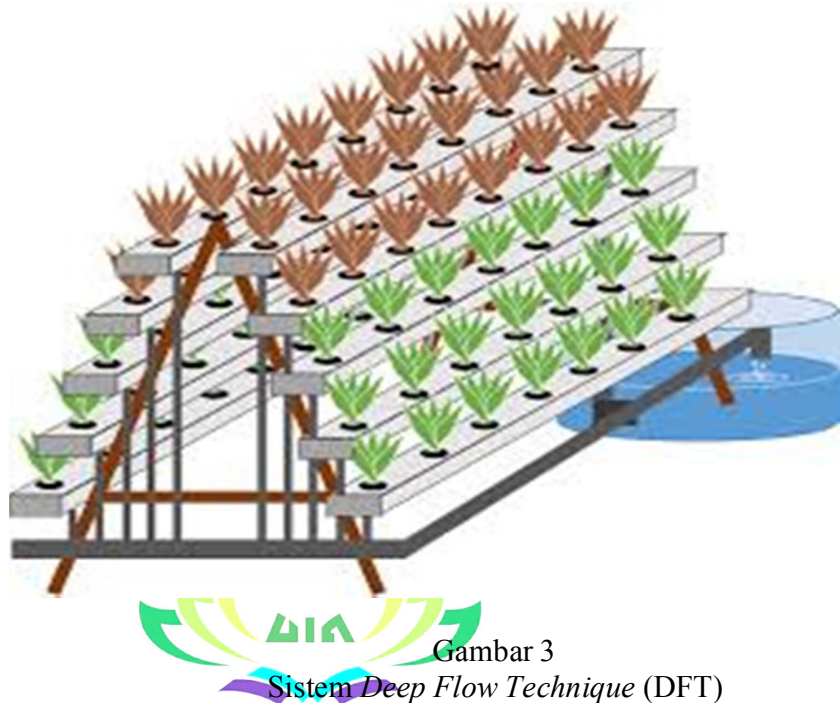


Gambar 2  
Sistem Rakit Apung

### 3) Sistem *Deep Flow Technique* (DFT)

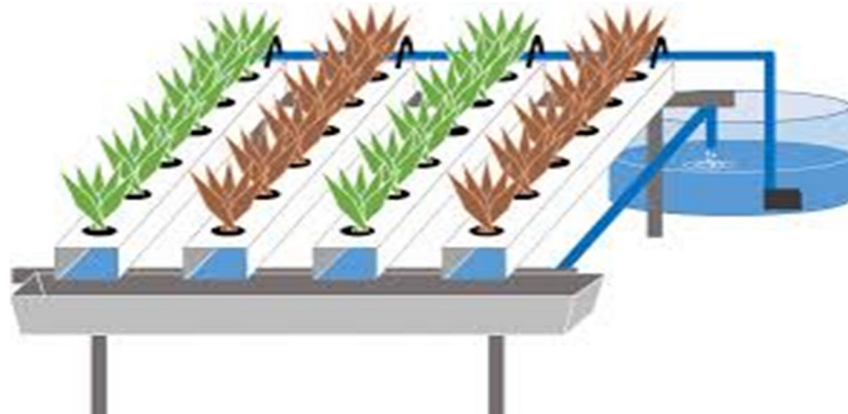
Cara kerja sistem ini yaitu air dipompa dari kolam menuju wadah tanaman dan menggenangi akar tanaman setebal 3-5 cm. Wadah tanaman biasanya menggunakan talang atau *gully* dengan kemiringan tertentu dan akan mengalir kembali ke kolam. Akar akan menyerap unsur hara secara terus menerus. Untuk proses sistem *Deep Flow Technique* (DFT) dapat dilihat pada gambar 3 berikut ini.





#### 4) Sistem *Nutrient Film Technique* (NFT)

Prinsipnya hampir sama dengan DFT, tetapi aliran air yang melewati wadah dan akar tanaman hanya setipis film (2-3 mm). Kelebihan sistem ini adalah ketersediaan oksigen terlarut relatif tinggi. Kelemahan dalam sistem ini, pasokan listrik harus tersedia 24 jam untuk menjalankan pompa. Proses resirkulasi pada sistem *Nutrient Film Technique* (NFT) dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini.



Gambar 4  
Sistem *Nutrient Film Technique* (NFT) <sup>31</sup>

## 5. Parameter Akuaponik

Parameter yang harus diperhatikan dalam sistem akuaponik antara lain suhu, tingkat keasaman (pH), oksigen terlarut, sumber air, amonia dan siklus nitrogen.

### a. Suhu

Suhu air merupakan faktor penting dalam sistem akuaponik.

Perubahan pada suhu air dapat mempengaruhi komponen air, seperti kadar pH, oksigen terlarut, bahkan tingkah laku ikan. Jika suhu terlalu panas, oksigen terlarut di dalam air akan berkurang, sedangkan suhu yang terlalu rendah, ikan akan berhenti makan dan mikroorganisme berhenti reproduksi.

---

<sup>31</sup> Nofiandi Riawan, *Op.Cit.* h. 8-9

Perubahan suhu pada air kolam ikan dipengaruhi oleh curah hujan, penguapan, kelembapan udara, suhu udara, kecepatan angin, dan paparan sinar matahari. Setiap jenis ikan memiliki suhu optimal yang berbeda-beda. Misalnya, untuk ikan nila suhu optimal kolam sekitar 24-27 °C. Secara umum suhu yang cocok untuk ikan sekitar 21-28 °C.

b. Tingkat Keasaman (pH)

Kondisi pH pada sistem akuaponik harus optimal untuk masing-masing komponen akuaponik, seperti ikan, tanaman dan bakteri. Kondisi pH yang tidak optimal dapat menyebabkan stress, mudah terserang penyakit, pertumbuhan tanaman tidak maksimal dan daya penguraian bakteri tidak optimal. Untuk pH ideal bagi ikan berkisar 6,5-8, pH optimal untuk tanaman berada pada rentang 4,5-6,5 dan untuk bakteri pengurai yang bekerja mengubah amonia memiliki pH ideal 6-8.

Pengecekan pH perlu dilakukan setiap 3-4 hari agar pertumbuhan tanaman dan perkembangan ikan tetap optimal. Alat uji pH dapat menggunakan pH meter atau pH tester elektronik. Selama penggunaannya, alat ini juga perlu dikalibrasi secara rutin agar tetap dapat memberi tingkat keakurasian yang benar.

c. Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen*)

Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) dapat diartikan sebagai jumlah oksigen yang berada di dalam air. Semakin banyak kandungan oksigen terlarut di dalam air kolam, maka semakin baik kondisi kolam. Kandungan oksigen terlarut sangat dipengaruhi oleh suhu, semakin tinggi suhu maka semakin berkurang tingkat kelarutan oksigen. Keberadaan oksigen terlarut ini bermanfaat untuk kehidupan organisme, seperti proses respirasi atau bernapas.

Satuan oksigen terlarut dinyatakan dengan mg/L. Pada sistem akuaponik, oksigen terlarut minimum 4 mg/L. Untuk meningkatkan kandungan oksigen terlarut di dalam kolam, dapat mengatur *input* aliran air kolam sehingga menimbulkan pancuran air atau riak air. Aplikasi aerator dengan *airstone* di dalam kolam juga dapat meningkatkan kandungan oksigen terlarut.

d. Sumber Air

Secara umum, sumber air dapat berupa air tanah, air hujan, atau air PAM. Sumber air memiliki pH 7 (netral). Perlakuan awal air kolam dapat diberikan cuka (untuk pH yang terlalu basah) atau bikarbonat (untuk pH yang terlalu asam). Air yang tidak keruh dan tidak pula terlampaui jernih umumnya baik untuk kehidupan ikan. Kemampuan cahaya matahari untuk tembus sampai ke dasar kolam dipengaruhi oleh kekeruhan (*turbidity*) air.

Warna hijau cerah biasanya menandakan air kolam telah banyak mengandung fitoplankton yang menguntungkan untuk ikan.

e. Amonia

Amonia di dalam kolam berasal dari protein yang terkandung pada pakan ikan dan sisa metabolisme ikan, baik berupa feses maupun urin. Semakin tinggi pH dan suhu air kolam, semakin tinggi kadar amonia. Saat suhu dan pH tinggi (terlalu basa), sebagian besar amonia akan diubah dalam bentuk  $\text{NH}_3$ . Amonia dalam molekul ( $\text{NH}_3$ ) lebih beracun daripada yang berbentuk ion ( $\text{NH}_4^+$ ). Oleh karena itu, kadar amonia  $\text{NH}_3$  harus dikurangi agar tidak membunuh ikan dan tanaman.

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk menekan kadar amonia ( $\text{NH}_3$ ) di kolam, diantaranya dengan menghentikan sementara pemberian pakan, menambahkan air baru ke dalam kolam, mengurangi padat tebar ikan, dan menambahkan aerasi di dalam kolam. Dalam sistem akuaponik yang sehat, level maksimum amonia yang aman adalah 0,5 ppm. Ukuran parameter pada sistem akuaponik dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut.

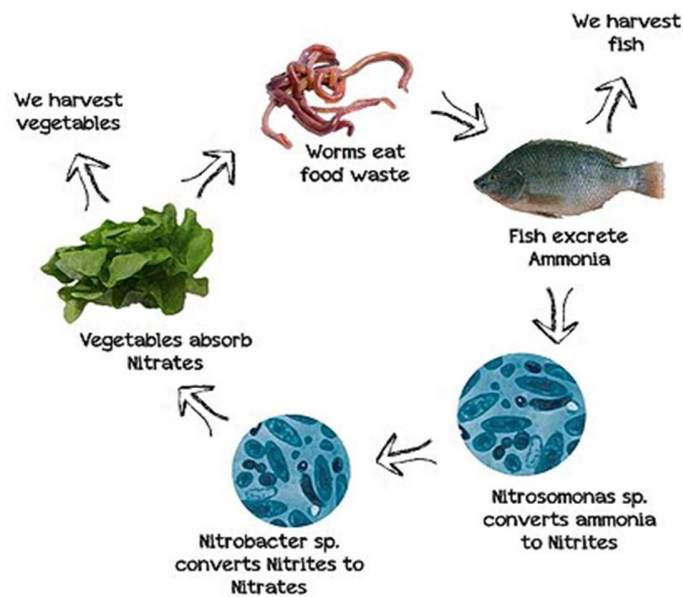
Tabel 1  
Parameter pada Sistem Akuaponik

| Parameter                | Ideal             | Kisaran Aman               |
|--------------------------|-------------------|----------------------------|
| Amonia ( $\text{NH}_3$ ) | 0 ppm             | Kurang dari 0,5 ppm        |
| Nitrit ( $\text{NO}_2$ ) | 0 ppm             | Kurang dari 0,5 ppm        |
| Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) | 50 ppm            | 10 – 150 ppm               |
| Oksigen terlarut (DO)    | Lebih dari 5 mg/L | Lebih dari 2 mg/L          |
| Suhu                     | 21 – 28 °C        | Tergantung pada jenis ikan |
| pH                       | 6,5 – 8           | 6,5 – 8                    |

Sumber: Lorena Viladonat & Philip Jonas (2016)

f. Siklus Nitrogen pada Akuaponik

Siklus nitrogen pada sistem akuaponik dapat dilihat pada gambar 5 berikut ini.



Gambar 5  
Siklus Nitrogen

Proses siklus nitrogen pada sistem akuaponik dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain sebagai berikut:

1) Ikan

Ikan berperan sebagai “mesin” yang menghasilkan limbah yang mengandung amonia. Amonia ini perlu diolah atau diurai secepatnya agar tidak meracuni ikan dalam jumlah tertentu.

## 2) Bakteri Pengurai

Nitrosomonas bekerja menguraikan amonia ( $\text{NH}_3$ ) menjadi nitrit ( $\text{NO}_2$ ), kemudian nitrit diurai oleh Nitrobacter menjadi nitrat ( $\text{NO}_3^{2-}$ ). Selama proses penguraian tersebut, nutrisi lain sebenarnya mengalami pula konversi unsur-unsur. Konversi amonia menjadi nitrat dikenal dengan siklus nitrogen.

## 3) Tanaman

Tanaman mampu tumbuh karena unsur nitrogen yang dihasilkan oleh bakteri pengurai. Nutrisi ini diserap melalui akar-akar tanaman. Akar tanaman juga membantu menyaring air bagi ikan atau sebagai biofilter sehingga air yang masuk kembali ke dalam kolam menjadi jernih.<sup>32</sup>

### B. Ikan Lele (*Clarias sp.*)

Ikan berkumis (*catfish*) merupakan salah satu komoditas perikanan yang penting, khususnya budidaya air tawar (*freshwater aquaculture*). Lele merupakan salah satu ikan air tawar yang paling banyak dibudidayakan dan menduduki urutan ketiga setelah ikan mas (*Cyprinus carpio*) dan ikan nila (*Oreochromis nilotica*). Pada tahun 2008, produksi lele di Indonesia sebesar 162.000 ton dan tahun 2009 ditargetkan mencapai produksi 250.000 ton. Lele merupakan salah

---

<sup>32</sup> *Ibid.* h. 14-18

satu komoditas budidaya air tawar yang memiliki beberapa keunggulan, antara lain:

- a. Dapat dipelihara di berbagai wadah dan lingkungan perairan.
- b. Dapat dipelihara di air tergenang dan minim air.
- c. Dapat menerima berbagai pakan.
- d. Tahan penyakit.
- e. Teknologi budidaya lele dikuasai oleh masyarakat.
- f. Dari sisi distribusi dan pemasaran ikan lele banyak peminatnya.<sup>33</sup>

## 1. Klasifikasi Ikan Lele



Klasifikasi ikan lele menurut Saanin (1984) adalah:

|         |                      |
|---------|----------------------|
| Kingdom | : Animalia           |
| Filum   | : Chordata           |
| Kelas   | : Pisces             |
| Ordo    | : Ostariophysi       |
| Familia | : Clariidae          |
| Genus   | : <i>Clarias</i>     |
| Spesies | : <i>Clarias</i> sp. |

Di Indonesia ada 6 (enam) jenis ikan lele yang dapat dikembangkan (Suyanto, 2008), yaitu:

---

<sup>33</sup> M. Ghufra H, Kordi K, *Budidaya Ikan Lele di Kolam Terpal*, (Yogyakarta: ANDI, 2010), h. 2-3



- a. *Clarias batrachus*, dikenal sebagai ikan lele (Jawa), ikan kalang (Sumatera Barat), ikan maut (Sumatera Utara), dan ikan pintet (Kalimantan Selatan).
- b. *Clarias teysmani*, dikenal sebagai lele Kembang (Jawa Barat), Kalang putih (Padang).
- c. *Clarias melanoderma*, yang dikenal sebagai ikan duri (Sumatera Selatan), wais (Jawa Tengah), wiru (Jawa Barat).
- d. *Clarias nieuhofi*, yang dikenal sebagai ikan lindi (Jawa), limbat (Sumatera Barat), kaleh (Kalimantan Selatan).
- e. *Clarias loiacanthus*, yang dikenal sebagai ikan keli (Sumatera Barat), ikan penang (Kalimantan Timur).
- f. *Clarias gariepinus*, yang dikenal sebagai lele Dumbo (lele domba), *king catfish*, berasal dari Afrika.<sup>34</sup>

## 2. Morfologi Ikan Lele

Secara fisik lele memiliki kepala yang pipih pada bagian mulutnya dan melebar ke arah samping atau gepeng ke bawah (*depressed*) memanjang hampir seperempat dari tubuhnya. Pada kepala ini terdapat sepasang mata, mulut, sepasang lubang hidung, alat pernapasan dan antenna atau sungut. Antenanya ada 4 pasang. Pada mulut terdapat gigi atau tonjolan-tonjolan

---

<sup>34</sup> Galuh Budi Widiyantara, "Kinerja Produksi Pendederan Lele Sangkuriang (*Clarias* sp.) Melalui Penerapan Teknologi Pergantian Air 50%, 100%, Dan 150% Per Hari". (Skripsi Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2009), h. 3

kasar yang berfungsi untuk menyergap dan merobek mangsa. Lubang hidung berfungsi untuk mengendus bau. Insang dan libirin berfungsi untuk mengambil oksigen dari udara. Sungut atau kumis berfungsi sebagai alat peraba sewaktu mencari makan.

Tubuh lele berbentuk *gilig*, *streamline* memanjang dengan kulit halus, licin, tidak bersisik, berwarna hitam coklat pada bagian atas dan agak terang pada bagian bawah dapat dilihat pada gambar 6. Untuk aktivitas pergerakan di dalam air, lele dilengkapi beberapa jenis sirip, yaitu sirip punggung, sirip ekor dan sirip dubur yang merupakan sirip tunggal. Sirip dada dilengkapi dengan bagian yang keras dan runcing yang biasa disebut patil. Patil berfungsi untuk mempertahankan keselamatan dan sebagai alat bantu bergerak.<sup>35</sup>



Gambar 6  
Ikan Lele

---

<sup>35</sup> Cahyo Saparinto, *Panduan Lengkap Bisnis dan Budidaya Lele Unggul*, (Yogyakarta: Lily Publisher, 2012), h. 10

### 3. Sifat dan Habitat Lele

#### a. Kebiasaan Hidup

Air tempat hidup lele tidak harus berkualitas baik, dengan adanya labirin ikan lele mampu hidup dan bertahan di perairan kotor dengan kandungan oksigen yang relatif sedikit. Selain bernapas dengan insang, lele juga memiliki alat untuk mengambil oksigen dari udara. Itulah sebabnya lele sering naik ke permukaan air untuk mengambil oksigen dengan moncong mulutnya. Lele dapat hidup di daerah dengan ketinggian 1 – 800 m dpl dan di daerah dengan ketinggian lebih dari 800 m dpl, lele masih tetap hidup.<sup>36</sup>

Pertumbuhan lele juga dipengaruhi oleh kualitas air. Kualitas air yang baik ditandai dengan kadar oksigen terlarutnya lebih dari 3 ppm, suhu optimum 27-30 °C, dan pH air 6,5-8. Air hujan yang masuk ke dalam kolam dapat mempengaruhi suhu dan pH air, dampaknya ikan lele menjadi stres.<sup>37</sup>

#### b. Kebiasaan Makan

Lele mempunyai kebiasaan beraktivitas dan mencari makan saat malam hari (*nocturnal*). Saat siang hari, lele cenderung berdiam diri dan berlindung di daerah yang tenang. Lele dapat memakan zat-zat renik seperti *daphnia*, *moina*, *copepod*, dan *cladocera*. Lele juga dapat

---

<sup>36</sup> *Ibid.* h. 13

<sup>37</sup> Paulus Nugrahaaji, Wargiyatno dan Meilina Kristinawati, *Rahasia Sukses Bisnis dan Budidaya Lele Unggul*, (Yogyakarta: Lily Publisher, 2013), h. 29

memakan hewan-hewan air yang lebih besar, bahkan memakan bangkai. Lele digolongkan ke dalam ikan karnivora (pemakan daging).<sup>38</sup>

Ada baiknya pakan diberikan pada waktu-waktu tertentu seperti pagi, siang atau malam. Pengaturan ini bertujuan untuk membiasakan ikan makan dengan teratur. Perlakuan tersebut pula nafsu makan ikan dapat diukur sehingga mengefisienkan pemberian pakan. Budidaya lele intensif membutuhkan pakan dengan kandungan protein lebih dari 30%, dengan FCR (*Food Conversion Ratio*) 1:1 artinya 1 kilogram pakan akan menghasilkan 1 kilogram daging. Pemberian pakan dapat dilakukan sebanyak 3-4 kali disesuaikan dengan frekuensi laparnya, sedangkan dosis pakan disesuaikan jumlah ikannya sekitar 3-5% dari bobot biomassa.<sup>39</sup>

#### c. Cara Berkembang Biak

Lele berkembang biak secara ovipar, pembuahan terjadi di luar tubuh. Secara fisik, dari luar lele jantan memiliki kelamin berupa tonjolan yang meruncing yang dilengkapi dengan kantung sperma berjumlah 2 buah berbentuk memanjang warna putih. Lele betina memiliki kantung berbentuk bulat berwarna merah yang dilengkapi dengan 2 kantung telur.

Proses pemijahan terjadi pada lele jantan dan betina yang sudah matang gonad dan ada rangsangan dari lingkungan, seperti bau tanah kering yang tersiram air atau terjadinya peninggian permukaan air, apabila

---

<sup>38</sup> Cahyo Saparinto, Rini Susiana, *Panduan Lengkap Budidaya Ikan dan Sayuran dengan Sistem Akuaponik*, (Yogyakarta: Lily Publisher, 2014), h. 16

<sup>39</sup> M. Ghufan H, Kordi K, *Op.Cit.* h. 10

hal itu terjadi maka lele akan mulai bercumbu. Lele betina akan mencari tempat yang aman untuk mengeluarkan telurnya. Telur akan ditempelkan di rerumputan atau tanaman dan diikuti oleh lele jantan yang menyemprotkan spermanya ke telur-telur tersebut sehingga terjadi pembuahan, menetas menjadi larva dan berkembang menjadi keturunan berikutnya.<sup>40</sup>

### C. Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Ikan nila adalah ikan dengan pertumbuhan paling cepat dibandingkan ikan lain. Ikan nila dapat tumbuh sampai 1 kg per ekornya dengan rasa dagingnya yang sangat enak. Ikan nila merupakan ikan favorit bagi peternak ikan karena nilai jualnya yang tinggi sekaligus pertumbuhannya yang sangat pesat menyebabkan waktu panennya lebih pendek. Ikan nila juga mudah sekali dalam dibudidayakan dengan berbagai macam cara menggunakan kolam, jaring apung atau keramba, di sawah, bahkan di kolam yang berairan payau.<sup>41</sup>

#### 1. Klasifikasi Ikan Nila

Pada awalnya, ikan nila dimasukkan ke dalam jenis *Tilapia nilotica* atau ikan dari golongan *Tilapia* yang tidak mengerami telur dan larva di dalam mulut induknya. Dalam perkembangannya, para pakar perikanan


---

<sup>40</sup> Cahyo Saparinto, *Op.Cit.* h. 14

<sup>41</sup> Tim Karya Tani Mandiri, *Pedoman Budidaya Beternak Ikan Nila*, (Bandung: Nuansa Aulia, 2009), h. 2

menggolongkannya ke dalam jenis *Sarotherodon niloticus* atau kelompok ikan *Tilapia* yang mengerami telur dan larvanya di dalam mulut induk jantan dan betina.

Pada akhirnya, diketahui bahwa yang mengerami telur dan larva di dalam mulut hanya induk nila betina. Para pakar perikanan kemudian memutuskan bahwa nama ilmiah yang tepat untuk ikan ini adalah *Oreochromis niloticus* atau *Oreochromis* sp. Berikut ini klasifikasi ikan nila selengkapnya.



|         |  |
|---------|--|
| Kingdom | : Animalia                                     |
| Filum   | : Chordata                                     |
| Kelas   | : Pisces                                       |
| Ordo    | : Perciformes                                  |
| Famili  | : Cichlidae                                    |
| Genus   | : <i>Oreochromis</i>                           |
| Spesies | : <i>Oreochromis niloticus</i> . <sup>42</sup> |

## 2. Morfologi Ikan Nila

Ikan nila mempunyai badan pipih dan memanjang. Warna tubuh nila umumnya putih kehitaman dan merah sehingga dikenal sebagai nila hitam dan nila merah. Nila hitam memiliki tubuh berwarna kehitaman, kearah perut warnanya akan semakin terang. Terdapat garis vertikal sebanyak 9-11 buah

---

<sup>42</sup> H. Khairuman, Khairil Amri, *Pembesaran Nila di Kolam Air Deras*, (Jakarta Selatan: PT. Agro Media Pustaka, 2012), h. 13-14.

berwarna hijau kebiruan dapat dilihat pada gambar 7. Pada sirip ekor terdapat 6-12 buah garis melintang yang berwarna kemerahan di ujungnya dan pada punggungnya terdapat garis-garis miring. Nila merah memiliki tubuh, sirip, dan punggung yang berwarna merah. Khusus bagian perut, berwarna putih kemerahan. Saat ini setelah berhasil dilakukan kawin silang antara spesies dalam genus *Oreochromis* dan upaya memanipulasi warna nila, dikenal beberapa strain nila dan warnanya, seperti nila merah (nirah), mujair merah (mujarah), nila hitam, nila wild, nila gift, nila get, dan nila nirwana.



Gambar 7  
Ikan Nila

Nila mempunyai mata yang tampak menonjol, berukuran agak besar dengan bagian tepi hitam kebiruan. Letak mulut ada di ujung bidang (terminal), posisi sirip perut tepat di bawah sirip pada dada (*thorocis*), serta garis rusak (*linea lateralis*) terputus menjadi dua bagian dan terletak memanjang di atas sirip dada. Sisik pada garis rusuk sebanyak 34 buah bertipe

*ctenoid*. Pada sirip punggung terdapat 15-18 jari-jari keras dan 13 jari-jari lunak, sirip perut mempunyai 6 jari-jari keras dan 5 jari-jari lunak, sirip dada terdapat 11-15 jari-jari lunak, sirip dubur atau anus terdapat 3 jari-jari keras dan 10-11 jari-jari lunak. Pada sirip ekor terdapat 18 jari-jari keras melunak.<sup>43</sup>

### 3. Habitat dan Perilaku Ikan Nila

Ikan nila terkenal sebagai ikan yang sangat tahan terhadap perubahan lingkungan hidup. Nila dapat hidup di lingkungan air tawar, air payau, dan air asin. Kadar garam air yang disukai antara 0-35% permil. Ikan nila air tawar dapat dipindahkan ke air asin dengan proses adaptasi yang bertahap. Kadar garam air dinaikkan sedikit demi sedikit. Pemindahan ikan nila secara mendadak ke dalam air yang kadar garamnya sangat berbeda dapat mengakibatkan stres dan kematian ikan. Ikan nila yang masih kecil lebih tahan terhadap perubahan lingkungan dibandingkan dengan ikan yang sudah besar. Nilai pH air tempat hidup ikan nila berkisar antara 6-8,5. Pertumbuhan optimalnya terjadi pada pH 7-8 dan suhu optimal untuk ikan nila antara 25-30 °C. Ikan nila cocok dipelihara di dataran rendah sampai agak tinggi (500 m dpl).<sup>44</sup>

Nila juga bertahan hidup pada perairan dengan kandungan oksigen minim, kurang dari 3 ppm (*part per million*). Nila dapat dipelihara di kolam tadah hujan (KTH) dan air tergenang lain yang minim oksigen. Untuk tumbuh

---

<sup>43</sup> *Ibid.* h. 17-18

<sup>44</sup> S. Rachmatun Suyanto, *Nila* (Jakarta: Penebar Swadaya, 2008), h. 8



optimal, nila membutuhkan perairan dengan kandungan oksigen minimum 3 ppm.<sup>45</sup>

#### 4. Kebiasaan Makan Ikan Nila

Pakan merupakan sumber energi bagi ikan. Tanpa makanan, ikan tidak akan tumbuh dan berkembang biak. Pakan yang dapat diberikan untuk ikan nila adalah pakan alami, pakan tambahan dan pakan buatan. Pakan alami adalah makan hidup bagi larva dan benih ikan yang diperoleh dari perairan atau kolam atau membudidayakan secara terpisah. Ikan nila merupakan ikan pemakan plankton yang tumbuh di sekitarnya. Persiapan pakan alami kolam pemeliharaan dilakukan dengan pemupukan awal 3-5 hari sebelum penebaran benih dan pemupukan susulan setelah pemeliharaan berjala agar ketersediaan pakan alami kolam tersebut tetap ada. Pakan tambahan adalah pakan yang diberikan pada bentuk apa adanya kepada ikan seperti daun-daunan, limbah rumah tangga, keong, dan lain-lain. Pakan buatan adalah pakan yang dibuat dengan susunan bahan tertentu dengan gizi sesuai keperluan. Pakan buatan dapat berbentuk pelet, larutan (*emulasi* dan *suspense*), lembaran (*flake* atau *waver*), dan remahan.<sup>46</sup>

Ikan nila akan cepat tumbuh apabila persediaan pakan sebanding dengan jumlah ikan. Budidaya nila intensif membutuhkan pakan dengan kandungan protein 20-25 %, sedangkan dosis pakan disesuaikan jumlah

---

<sup>45</sup> M. Ghufuran H, Kodri K, *Op.Cit.* h. 19

<sup>46</sup> Tim Karya Tani Mandiri, *Op.Cit.* h. 28

ikannya sekitar 3-5% dari bobot biomassa. Pada pemeliharaan sistem ekstensif (tradisional) dengan padat penebaran rendah, ikan nila tidak perlu diberi pakan tambahan. Pada sistem pemeliharaan semi-intensif, habitat dipupuk agar pakan alami tumbuh lebih subur, sedangkan pada pemeliharaan secara intensif, selain pupuk juga perlu pakan tambahan berupa pelet dengan kadar protein 25-26 %. Banyaknya pakan tambahan antara 2-3 % berat ikan per hari.<sup>47</sup>

## **5. Perkembangbiakan Ikan Nila**

Ikan nila dapat mencapai dewasa pada umur 4-5 bulan dan ia akan mencapai pertumbuhan maksimal untuk bertelur sampai berumur 1,5-2 tahun. Pada saat berumur lebih dari 1 tahun kira-kira beratnya mencapai 800 gram, ikan nila bisa mengeluarkan 1.200-1.500 larva setiap kali memijah, yang berlangsung selama 6-7 kali dalam setahun. Departemen Perikanan dan Akuakultur FAO (*Food and Agriculture Organization*) menempatkan nila pada urutan ketiga setelah salmon dan udang sebagai contoh sukses perikanan budidaya dunia.<sup>48</sup>

---

<sup>47</sup> S. Rachmatun Suyanto, *Op.Cit.* h. 13

<sup>48</sup> Tim Karya Tani Mandiri, *Op.Cit.* h. 29

## D. Tanaman Sawi (*Brassica juncea*)

### 1. Klasifikasi Sawi

Adapun klasifikasi sawi adalah sebagai berikut:

|         |   |
|---------|---|
| Kingdom | : Plantae                                 |
| Divisi  | : Spermatophyta                           |
| Class   | : Dicotyledonae                           |
| Ordo    | : Rhoeadales (Brassicales)                |
| Famili  | : Cruciferae (Brassicaceae)               |
| Genus   | : <i>Brassica</i>                         |
| Spesies | : <i>Brassica juncea</i> L. <sup>49</sup> |

Di Indonesia dikenal tiga jenis sawi antara lain sebagai berikut:

- Sawi jabung, bisa hidup di tanah kering.
- Sawi putih, tak tahan terhadap hujan, tidak mudah diserang oleh ulat. Sawi ini berbulu dan rasanya tajam.
- Sawi hijau, bisa hidup di tanah kering.

---

<sup>49</sup> Eko Haryanto, *et.al. Sawi dan selada*, (Jakarta: Penebar Swadaya, 2007), h. 8-9



Gambar 8  
Sawi Hijau <sup>50</sup>

## 2. Morfologi Tanaman Sawi

Sistem perakaran tanaman sawi memiliki akar tunggang dan cabang-cabang akar yang bentuknya bulat panjang (silindris) menyebar ke semua arah pada kedalaman antara 30-50 cm. Akar-akar ini berfungsi antara lain mengisap air dan zat makanan dari dalam tanah, serta menguatkan berdirinya batang tanaman. Batang sawi pendek sekali dan beruas-ruas, sehingga hampir tidak kelihatan. Diperkirakan hanya beberapa millimeter saja dari atas permukaan tanah. Batang ini berfungsi sebagai alat pembentuk dan penopang daun. <sup>51</sup>

Daun umumnya berdaun lebar dan berkerut-kerut serta membentuk krop. Struktur daun sawi pada umumnya bersayap dan bertangkai panjang yang bentuknya pipih. Tangkai daunnya panjang lebih kecil, duduk daun


<sup>50</sup> AAK, *Petunjuk Praktis Bertanam Sayuran*, (Yogyakarta: Kanisius, 1992), h. 100

<sup>51</sup> Zainoedhin Judho Dwi P. S. Hut, *Bertanam Sawi Dalam Polybag*, (Bandung: Sinergi Pustaka Indonesia, 2006) h. 5

melingkar batang, tetapi tepi daun berbentuk rata sedikit berkerut dan bergelombang. Warna daun bermacam-macam, ada yang berwarna hijau tua, hijau muda, hijau keputih-putihan atau hijau pucat. Bunga pada tanaman sawi merupakan bunga sempurna. Buah sawi termasuk buah polong, yakni bentuknya memanjang dan berongga. Tiap buah berisi 2-8 butir, dengan ciri-ciri bentuk bulat kecil dan berwarna coklat kehitam-hitaman.<sup>52</sup>

### 3. Syarat Tumbuh Tanaman Sawi

#### a. Iklim



Kondisi iklim pertumbuhan tanaman sawi adalah daerah yang mempunyai suhu malam 15,6 °C dan siang hari 21,1 °C serta penyinaran matahari antara 10-13 jam per hari. Sawi pada umumnya dibudidayakan di dataran tinggi antara 1000-1200 m dpl. Kondisi iklim sejuk dan lembab, serta kisaran suhu udara antara 27-25 °C. Pada suhu dibawah 15 °C, tanaman sawi pada umumnya banyak ditanam di daerah dataran rendah.<sup>53</sup>

#### b. Tanah

Tanaman sawi sangat menyukai tanah yang gembur dan subur, terutama tanah yang banyak mengandung humus. Derajat keasaman tanah untuk pertumbuhan tanaman sawi adalah 6-7. Pada tanah yang derajat keasamannya tinggi, tidak baik bagi pertumbuhan tanaman sawi dan akan mudah terserang penyakit. Misalnya, penyakit bengkak akar.

---

<sup>52</sup> *Ibid.* h. 6-7

<sup>53</sup> *Ibid.* h. 9-10

#### 4. Hama dan Penyakit

##### a. Hama

- 1) Ulat daun (*Plutella xylostella* L.) yang berukuran panjang 7-10 mm dan berwarna hijau muda. Ulat ini menyerang pucuk tanaman secara bergerombol sehingga daun-daun muda menjadi berkurang.
- 2) Ulat grayak, menyerang tanaman sawi dengan cara merusak daun (terutama daun-daun muda) sehingga menjadi berlubang.
- 3) Ulat tanah, berwarna cokelat atau cokelat kehitaman. Ulat ini menyerang tanaman muda dengan cara menggerek pangkal batang yang masih lunak sampai putus sehingga tanaman kehilangan titik tumbuh dan akhirnya mati.

##### b. Penyakit

- 1) Busuk lunak, cendawan ini menyerang pucuk tanaman baik sebelum maupun sesudah terbentuknya krop.
- 2) Akar gada, gejala serangan cendawan ini ditunjukkan dengan layunya tanaman di siang hari yang terik, namun di pagi hari kondisi tanaman segar kembali.
- 3) Embun tepung, gejala awal serangan cendawan ini adalah munculnya bercak kuning berbentuk kotak-kotak di sepanjang alur tulang daun, dimulai dari daun-daun tua.<sup>54</sup>

---

<sup>54</sup> Zulkarnain, *Budidaya Sayuran Tropis*, (Jakarta: Bumi Aksara, 2013), h. 91-92

## 5. Panen dan Pasca Panen

Sawi dapat dipanen umur 35-70 hari setelah tanam, tetapi tergantung pada kultivar dan musim. Selain umur, kriteria tanaman siap dipanen dapat dilihat dari kondisi fisik tanaman, seperti warna, bentuk dan ukuran daun. Di samping itu, krop sudah terbentuk sempurna, padat dan kompak. Pemanenan biasanya dilakukan dengan memotong bagian batang yang berada di atas tanah, selain itu pemanenan juga dapat dengan mencabut tanaman sehingga akarnya turut terbawa. Adanya sistem perakaran ini dapat membantu penyerapan air dari media simpan sehingga kesegaran tanaman tetap bertahan lebih lama.



Hasil panen yang tidak langsung dijual perlu tindakan penyimpanan yang baik, agar produk tetap segar dan kualitas tetap terjaga. Penyimpanan dapat menggunakan wadah berupa keranjang bambu, wadah plastik, atau karton yang berlubang untuk memperlancar sirkulasi udara. Anjuran kondisi penyimpanan tanaman sawi sama seperti tanaman kubis, yaitu pada suhu 0 °C dan kelembaban relatif  $\pm 95\%$ .<sup>55</sup>

## E. Kerangka Pemikiran

Proses alih fungsi lahan dan pengelolaan limbah merupakan masalah yang besar dalam sektor pertanian dan perikanan. Semakin tinggi perubahan fungsi

---

<sup>55</sup> *Ibid.* h. 92-93

lahan khususnya di perkotaan, membuat masyarakat sulit untuk bercocok tanam dan berbudidaya ikan.

Selain proses alih fungsi lahan, masalah yang lain dalam budidaya ikan adalah kurangnya pengelolaan limbah air kolam secara optimal. Salah satu limbah pada air kolam adalah kandungan amonia. Amonia berasal dari protein yang terkandung pada pakan ikan dan sisa metabolisme ikan, baik berupa feses maupun urin. Dalam jumlah tertentu, amonia dapat menyebabkan ikan stres, terinfeksi penyakit, pertumbuhan terhambat, hingga kematian ikan. Pada budidaya ikan konvensional, salah satu cara yang dilakukan oleh pembudidaya ikan adalah dengan mengganti air di dalam kolam. Hal ini tentunya akan mencemari lingkungan di sekitarnya.

Salah satu cara yang lebih efektif untuk mengatasi kandungan amonia dalam kolam adalah dengan menggunakan sistem akuaponik. Sistem akuaponik merupakan kombinasi sistem akuakultur dan hidroponik yang saling menguntungkan. Pada sistem akuaponik air kolam yang mengandung amonia akan diubah oleh mikroorganisme kemudian akan dimanfaatkan sebagai nutrisi bagi tanaman. Sistem akuaponik juga dapat diterapkan di lahan kosong yang terbatas khususnya di perkotaan. Hasil yang diperoleh dari akuaponik yaitu ikan dan sayuran, sehingga pemanfaatan lahan menjadi lebih produktif.

Pada sistem akuaponik ikan diibaratkan sebuah “mesin”. Tanpa adanya ikan, sistem akuaponik tidak akan berhasil dikarenakan ikan menghasilkan



kotoran yang secara tidak langsung berfungsi sebagai sumber nutrisi bagi bakteri dan tanaman. Hampir semua jenis ikan air tawar dapat dibudidayakan dengan sistem akuaponik. Pemilihan ikan dapat berdasarkan sisi ekonomi, kebutuhan dan keinginan, kemudian pemilihan jenis sayuran yang bisa diaplikasikan pada sistem akuaponik dapat berdasarkan kesukaan, kebutuhan, nilai ekonomi, dan nilai gizinya.

Berdasarkan uraian tersebut maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai aplikasi sistem akuaponik terhadap perkembangan dan pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica juncea*). Dengan variabel bebas dan variabel terikat yang dilambangkan dalam penelitian ini yaitu variabel X adalah variabel bebas, aplikasi sistem akuaponik. Sedangkan variabel Y adalah variabel terikat yang merupakan tanaman sawi (*Brassica juncea*).

## **F. Hipotesis**

Dari uraian rumusan masalah di atas maka hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

$H_0$  = Tidak ada pengaruh sistem akuaponik terhadap pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica juncea*).

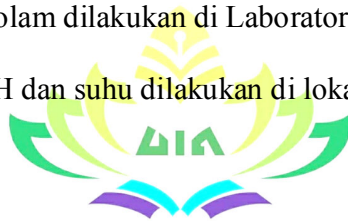
$H_1$  = Ada pengaruh sistem akuaponik terhadap pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica juncea*).

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei 2017. Lokasi penelitian di kediaman bapak Wahid Amin, Desa Sumberjaya Kecamatan Jatiagung Kabupaten Lampung Selatan. Pengukuran kadar amonia, nitrit ( $\text{NO}_2$ ), nitrat ( $\text{NO}_3$ ) dan oksigen terlarut air kolam dilakukan di Laboratorium Politeknik Negeri Lampung. Untuk pengukuran pH dan suhu dilakukan di lokasi penelitian.



#### **B. Alat dan Bahan**

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pipa PVC, talang, sambungan *elbow*, lem pipa, meteran, gergaji besi, timbangan analitik, botol mineral 1,5 L, serokan, penggaris, spidol, pompa air celup, selang PE, pH indikator, *thermometer* digital, *netpot*, *tray semai*, *sprayer*, *rockwool*, kertas label, benih sawi hijau, ikan nila, ikan lele dan pakan ikan buatan (pelet).

#### **C. Desain Penelitian**

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan tiga perlakuan yaitu perlakuan P1 (Non Akuaponik), P2 (Akuaponik Ikan Lele) dan P3 (Akuaponik Ikan Nila). Ada dua variabel yang diamati pada penelitian ini yaitu variabel pengamatan air kolam dan variabel pengamatan tanaman. Variabel pengamatan air kolam meliputi suhu, oksigen terlarut, pH air kolam, kadar

amonia, nitrit dan nitrat. Variabel pengamatan tanaman meliputi tinggi tanaman, lebar daun dan jumlah daun. Pengamatan parameter kimia air kolam dilakukan di awal dan di akhir tanam, sedangkan pengamatan tanaman sawi dilakukan pada umur 16, 23 dan 30 hari dari semai. Jumlah sampel yang diamati sebanyak 9 tanaman dengan 3 kali ulangan sehingga jumlah keseluruhan sampel yang diamati adalah 27 tanaman.

Penelitian ini menggunakan sistem resirkulasi *Deep Flow Technique* (DFT) seperti pada Gambar 3. Cara kerja sistem DFT yaitu air dipompa dari kolam menuju wadah tanaman dan menggenangi akar tanaman setebal 3-5 cm. Wadah tanaman yang digunakan pada penelitian yaitu menggunakan talang.

#### **D. Prosedur Penelitian**

Prosedur penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

##### **1. Tahap Persiapan**

Tahap ini, peneliti menyiapkan alat serta bahan untuk digunakan dalam penelitian. Menyeterilkan semua alat, menyiapkan bahan yang akan digunakan dan memberi label botol yang akan digunakan sebagai tempat sampel.

## 2. Tahap Pelaksanaan

Adapun tahap pelaksanaan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

### a. Penyiapan Media Tanam

- 1) Membuat instalasi akuaponik dengan sistem DFT, kemudian membuat lubang pada talang dengan jarak 20 cm per lubang
- 2) Memasang sambungan pipa untuk saluran *input* dan saluran *output*
- 3) Memasang selang PE dan pompa air celup di dalam kolam
- 4) Memasang *netpot* pada talang
- 5) Menyambungkan selang *input* dari pompa air celup menuju talang
- 6) Mengisi kolam dengan air sebanyak 168 liter
- 7) Memastikan tidak ada kebocoran pada rangkaian instalasi, kemudian menyalakan pompa air celup untuk disirkulasi

### b. Penyemaian Benih dan Penanaman

- 1) Memotong *rockwool* dengan gergaji besi menjadi bentuk persegi
- 2) Potongan *rockwool* dimasukkan ke dalam tray semai dan melubangi *rockwool* dengan kedalaman sekitar 0,5 cm.
- 3) Mengisi tiap lubang tanam dengan satu benih sawi kemudian disimpan pada tempat yang tidak terpapar sinar matahari secara langsung.
- 4) Setelah berumur 3 hari atau benih sudah menjadi kecambah, benih dipindahkan ke tempat yang terpapar sinar matahari

- 5) Benih siap pindah tanam setelah berumur satu minggu.
- 6) Memindahkan rockwool yang berisi benih ke dalam netpot dan memasukkannya ke dalam instalasi akuaponik (talang)

### 3. Tahap Pengamatan

Adapun tahap pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu pengamatan parameter kimia air kolam dan pengamatan tanaman sawi.

#### a. Pengamatan Kesuburan Air Kolam

##### 1) Suhu Air

Suhu air diukur dengan thermometer digital di masing-masing perlakuan.

##### 2) Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman diukur dengan pH indikator universal dengan mencelupkan kertas pH ke dalam kolam.

##### 3) Oksigen Terlarut

Kadar oksigen terlarut (DO) air kolam dapat diukur dengan prosedur sebagai berikut:

- a) Mengambil sampel air kolam menggunakan botol mineral berukuran 1500 ml dengan hati-hati, usahakan tidak terdapat udara yang masuk.

- b) Mengambil sampel air kolam sebanyak 500 ml, dan memasukkan sampel ke dalam botol Winkler.
- c) Menambahkan 2 ml  $\text{MnSO}_4 + \text{NaOH} + \text{KI}$  ke dalam botol dengan menggunakan pipet tetes, kemudian menutup botol tersebut dan menghomogenkan larutan hingga terjadi gumpalan.
- d) Gumpalan dibiarkan mengendap 5-10 menit
- e) Menambahkan 2 ml asam sulfat pekat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat) ke dalam botol Winkler, kemudian menutup kembali botol dan mengocok larutan hingga berwarna kuning.
- f) Memasukkan 100 ml sampel ke dalam erlenmeyer 250 ml.
- g) Menambahkan 2 tetes amilum, apabila timbul warna biru
- h) Kemudian sampel dititrasi dengan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,025 N hingga jernih kembali.
- i) Menghitung kadar DO dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$DO = \frac{n \text{ titran} \times 0,025 \times \text{konstanta} \times 1000}{(\text{jumlah air yang dipakai}) \text{ml}}$$

Keterangan:

$n$  = banyaknya nitran yang dipakai

konstanta = nilai konstanta jenis titran

#### 4) Amonia ( $\text{NH}_3$ )

Kadar amonia dalam kolam dapat diukur dengan prosedur sebagai berikut:

- a. Air sampel disaring agar bahan yang berbentuk partikel terambil dari air sampel tersebut, kemudian diambil 25 ml.
- b. Menambahkan 2 ml pereaksi *nessler* ke dalam air dan diaduk sampai homogen.
- c. Dibiarkan sekitar 10 menit agar terbentuk warna dengan sempurna, kemudian dimasukkan larutan ke dalam cuvet.
- d. Air sampel dibandingkan dengan larutan baku untuk menaksir kadar ppm amonia nitrogen.

#### 5) Nitrit ( $\text{NO}_2$ )

Kadar nitrit dalam kolam dapat diukur dengan prosedur sebagai berikut:

- a. Mengambil sampel air (1 ml, 2 ml, 5 ml dan 10 ml) kemudian dimasukkan ke dalam labu takar 50 ml.
- b. Menambahkan 2 ml campuran Sulfanilic Acid dan 1-naftilamine (1:1).
- c. Menambahkan aquadest sampai garis 50 ml
- d. Kemudian membuat standard dengan memipet larutan standard nitrit dan diperlakukan seperti sampel (prosedur a-c).

- e. Membuat blanko sampel diganti dengan aquadest
- f. Kemudian mengukur absorbansinya pada panjang gelombang 520 nm.

#### 6) Nitrat ( $\text{NO}_3$ )

Kadar nitrat dalam kolam dapat diukur dengan prosedur sebagai berikut:

- a. Menyaring 25 ml sampel dan dituangkan ke dalam cawan porselin
- b. Menguapkan air di atas *hot plate* sampai kering hati-hati jangan sampai pecah dan didinginkan.
- c. Menambahkan 1 ml asam fenol disulfonik, kemudian diaduk dengan pengaduk gelas dan diencerkan dengan 10 ml aquades.
- d. Menambahkan  $\text{NH}_4\text{OH}$  sampai terbentuk warna, kemudian diencerkan dengan aquades sampai 25 ml dan dimasukkan dalam cuvet.
- e. Membandingkan dengan larutan standar pembanding secara visual atau dengan spektrofotometer (panjang gelombang 410  $\mu\text{m}$ ).
- f. Kemudian kadar nitrat nitrogen dalam kolam tersebut dihitung dengan rumus berikut ini:

$$\text{Nitrat} = N_t - \text{?}$$

Keterangan:

$N_t$  = Nilai sampel

$N_o$  = Nilai blanco (aquades)



b. Pengamatan Tanaman Sawi

1) Tinggi tanaman

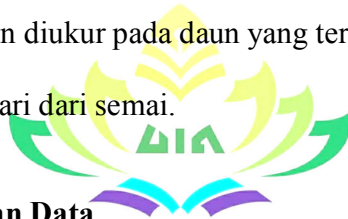
Tinggi tanaman diukur dari pangkal batang sampai daun terpanjang dan dilakukan pada hari ke 16, 23 dan 30 dari semai.

2) Jumlah Daun

Jumlah daun dihitung dari 16, 23 dan 30 hari dari semai.

3) Lebar Daun

Lebar daun diukur pada daun yang terlebar dilakukan pada umur 16, 23 dan 30 hari dari semai.



**E. Teknik Pengumpulan Data**

Penelitian ini menggunakan teknik pengumpulan data eksperimen dan pengamatan. Pengamatan dalam penelitian adalah suatu prosedur yang berencana, yang antara lain meliputi melihat dan mencatat sejumlah taraf aktivitas tertentu atau situasi tertentu yang ada hubungannya dengan masalah yang diteliti. Variabel yang diamati dalam penelitian ini meliputi variabel kesuburan air kolam dan variabel pengamatan tanaman. Variabel kesuburan air kolam meliputi pH, suhu, oksigen terlarut, nitrit ( $\text{NO}_2$ ), nitrat ( $\text{NO}_3$ ) dan kandungan amonia. Variabel pengamatan tanaman meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, lebar daun.

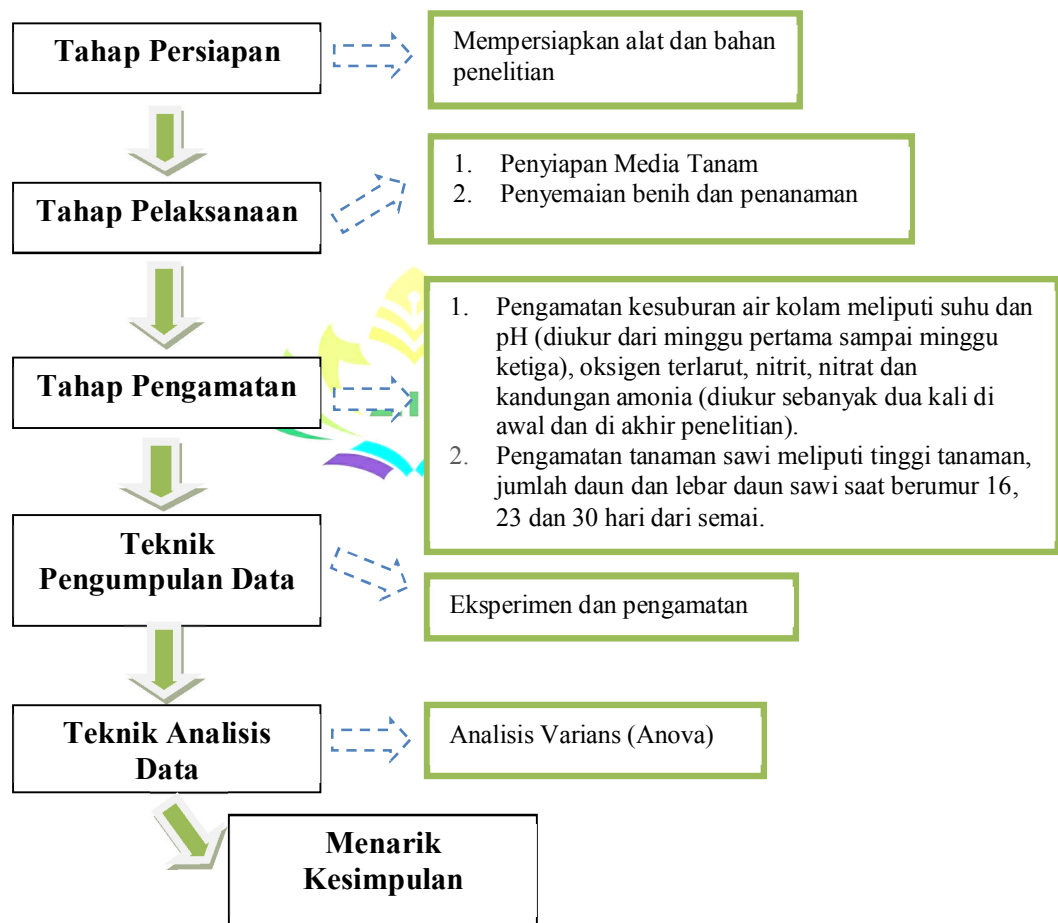
## **F. Teknik Analisis Data**

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis varians (anova) yang menunjukkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman sawi hijau. Analisis kuantitatif adalah proses menemukan pengetahuan yang menggunakan data berupa angka sebagai alat menemukan keterangan mengenai apa yang ingin diketahui. Data dari hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik yang mendeskripsikan nilai rata-rata tiap perlakuan tanpa merubah data yang didapatkan saat penelitian yaitu meliputi data tinggi tanaman, lebar daun dan jumlah daun.



## G. Alur Kerja Penelitian

Adapun tahapan yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 9  
Skema Tahap Pelaksanaan

## **BAB IV**


### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Hasil Penelitian**

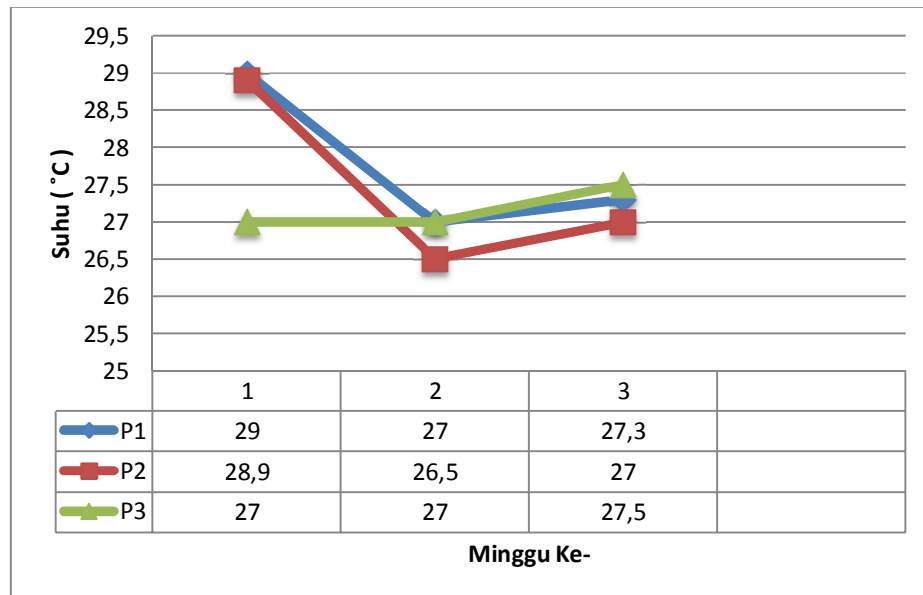
##### **1. Parameter Kimia Kolam**

Pengukuran parameter kimia air kolam pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui pengaruh sistem akuaponik terhadap pertumbuhan tanaman sawi hijau dibandingkan dengan sistem non akuaponik.

###### **a. Suhu Air**



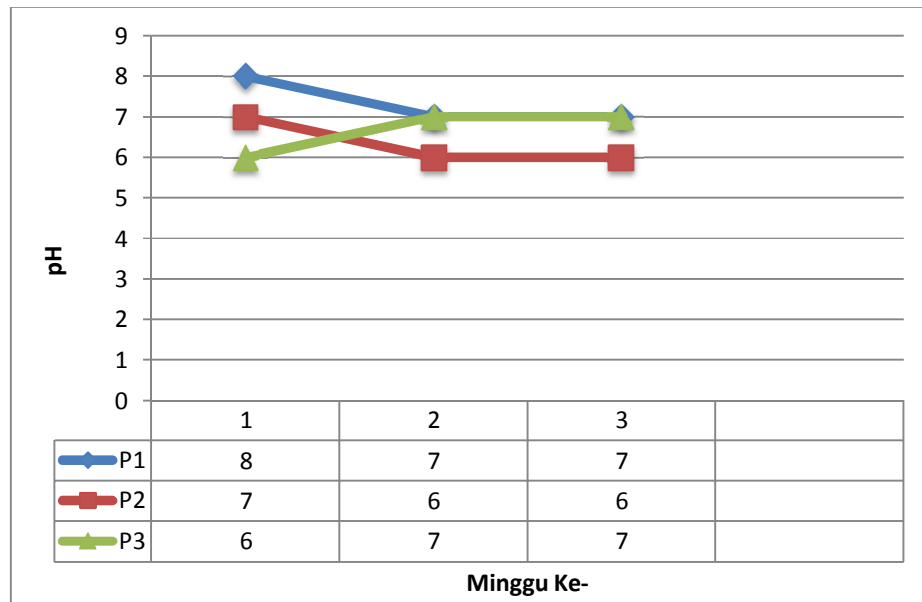
Pengukuran suhu air dilakukan pada minggu pertama, kedua dan ketiga. Dari penelitian yang dilakukan ketiga perlakuan mempunyai suhu air yang relatif sama, namun nilai tertinggi terjadi pada perlakuan P1 dan P2 minggu pertama yaitu 28-29 °C. Hasil pengukuran suhu air tiap minggu dapat dilihat pada Grafik 1. Suhu udara yang memenuhi syarat pertumbuhan tanaman sawi yaitu pada kondisi sejuk dan lembab yaitu 25 °C – 27 °C.



Grafik 1. Suhu air mingguan

b. Derajat Keasaman (pH)

Uji pH dilakukan dengan menggunakan pH indikator universal. Pengukuran pH dilakukan pada minggu pertama, kedua dan ketiga. Nilai pH mingguan dapat dilihat pada Grafik 2. Nilai pH pada minggu pertama menunjukkan P1 (non Akuaponik) memiliki nilai pH paling tinggi yaitu 8, sedangkan P3 memiliki nilai pH terkecil yaitu 6. Untuk minggu kedua dan ketiga nilai pH pada perlakuan P2 (Akuaponik ikan lele) memiliki nilai pH terkecil dibandingkan dengan P1 dan P3 yaitu sebesar 6. Nilai pH yang ideal bagi pertumbuhan tanaman sawi adalah 6 - 7.



Grafik 2. Nilai pH tiap perlakuan

c. *Dissolved Oxygen (DO)*

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kandungan DO awal tanam lebih tinggi dibandingkan dengan akhir tanam, terutama perlakuan P1 lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan P2 dan P3 yaitu sebesar 7 ppm. Hasil pengukuran kandungan DO dapat dilihat pada Tabel 2. Standar parameter oksigen terlarut (DO) minimum untuk pertumbuhan tanaman adalah sekitar 4 ppm. Pada penelitian yang telah dilakukan untuk pengukuran DO di awal tanam dan di akhir tanam masih memenuhi standar minimum untuk pertumbuhan tanaman. Menurut Riawan (2016) semakin banyak kandungan DO di dalam air maka semakin baik pula kondisi kolam.

d. Amonia ( $\text{NH}_3$ )

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kandungan amonia ( $\text{NH}_3$ ) akhir tanam lebih tinggi dibandingkan dengan awal tanam, terutama pada perlakuan P2 yaitu sebesar 0,17 ppm. Hasil pengamatan  $\text{NH}_3$  dapat dilihat pada Tabel 2. Standar parameter  $\text{NH}_3$  yang ideal bagi pertumbuhan tanaman adalah 0 – 0,5 ppm. Pada penelitian yang telah dilakukan ketiga perlakuan di awal tanam dan di akhir tanam masih memenuhi standar minimum untuk pertumbuhan tanaman.

e. Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ )

Hasil pengamatan terhadap parameter kandungan nitrit dalam air terlihat seperti pada Tabel 2. Dari data tersebut didapatkan data bahwa kadar nitrit di akhir tanam lebih tinggi dibandingkan di awal tanam terutama pada P2 yaitu sebesar 2 ppm. Pada penelitian yang dilakukan ketiga perlakuan di awal dan di akhir tanam masih memenuhi standar minimum untuk pertumbuhan tanaman. Standar minimum parameter  $\text{NO}_2^-$  untuk pertumbuhan tanaman adalah 0 – 0,5 ppm.

f. Nitrat ( $\text{NO}_3$ )

Hasil pengamatan parameter kandungan  $\text{NO}_3$  dalam air dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil ketiga perlakuan memiliki kandungan nitrat yang kurang memenuhi standar parameter

minimum, baik di awal tanam maupun di akhir tanam. Standar parameter minimum untuk pertumbuhan tanaman adalah 10 – 150 ppm.

Tabel 2  
Hasil Pengukuran Senyawa Kimia Air Kolam

| No | Parameter                 | Awal Tanam (ppm) |     |     | Akhir Tanam (ppm) |      |       |
|----|---------------------------|------------------|-----|-----|-------------------|------|-------|
|    |                           | P1               | P2  | P3  | P1                | P2   | P3    |
| 1  | NH <sub>3</sub>           | 0                | 0   | 0   | 0                 | 0,17 | 0,001 |
| 2  | Nitrit (NO <sub>2</sub> ) | 0                | 0   | 0   | 0                 | 2    | 0,5   |
| 3  | Nitrat (NO <sub>3</sub> ) | 0                | 0,5 | 0,5 | 0                 | 5    | 0     |
| 4  | Oksigen Terlarut (DO)     | 7                | 6   | 6   | 6                 | 4    | 4     |

Sumber: Hasil pengujian di Laboratorium Kesehatan Dan Lingkungan Perikanan Politeknik Negeri Lampung



## 2. Pengamatan Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.)

Pengamatan tanaman sawi pada penelitian ini meliputi tinggi tanaman, lebar daun dan jumlah daun yang dilakukan pada saat tanaman berumur 16, 23 dan 30 hari dari semai.

### a. Tinggi Tanaman (cm)

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa terdapat peningkatan rata-rata tinggi tanaman pada setiap perlakuan, terutama perlakuan P2 memiliki perbedaan yang nyata dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Hasil pengamatan rata-rata tinggi tanaman disajikan pada Tabel 3.



Tabel 3  
Rerata Tinggi Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.)

| Perlakuan | Tinggi Tanaman (cm) |                 |                  |
|-----------|---------------------|-----------------|------------------|
|           | 16 hari             | 23 hari         | 30 hari          |
| P1        | 8,89 a + 1,965      | 10,22 a + 2,386 | 11,67 a + 2,236  |
| P2        | 9,11 a + 2,147      | 11,56 a + 3,972 | 17,44 ab + 5,769 |
| P3        | 9,00 a + 1,000      | 9,33 a + 1,323  | 12,00 b + 2,291  |

Keterangan: Angka diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata dalam taraf uji 5%

b. Lebar Daun (cm)

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa terdapat peningkatan rata-rata lebar daun pada setiap perlakuan. Peningkatan yang terjadi tidak mengalami perbedaan yang nyata untuk setiap perlakuan. Hasil pengamatan rata-rata lebar daun disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4.  
Rerata Lebar Daun Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.)

| Perlakuan | Lebar Daun (cm) |                |                |
|-----------|-----------------|----------------|----------------|
|           | 16 hari         | 23 hari        | 30 hari        |
| P1        | 4,00 a + 0,866  | 5,33 a + 0,707 | 6,22 a + 0,972 |
| P2        | 3,67 a + 0,707  | 4,78 a + 0,833 | 6,11 a + 1,269 |
| P3        | 3,67 a + 0,707  | 4,89 a + 0,782 | 6,33 a + 1,000 |

Keterangan: Angka diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata dalam taraf uji 5%

c. Jumlah Daun

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa rata-rata jumlah daun tidak mengalami peningkatan yang nyata tiap perlakuan. Hasil pengamatan rata-rata jumlah daun disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5.

Rerata Jumlah Daun Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.)

| Perlakuan | Jumlah Daun (helai) |                |                |
|-----------|---------------------|----------------|----------------|
|           | 16 hari             | 23 hari        | 30 hari        |
| P1        | 4,22 a + 0,833      | 5,11 a + 0,928 | 6,33 a + 1,118 |
| P2        | 3,78 a + 0,833      | 5,33 a + 0,707 | 6,78 a + 0,833 |
| P3        | 4,33 a + 0,707      | 5,67 a + 0,500 | 6,67 a + 0,707 |

Keterangan: Angka diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata dalam taraf uji 5%

## B. Pembahasan

Sistem akuaponik yang digunakan dalam penelitian yaitu sistem *deep flow technique* (DFT). Cara kerja sistem DFT yaitu air dipompa dengan pompa air celup menuju wadah tanaman (talang), kemudian air akan mengalir kembali ke dalam kolam. Media pemeliharaan ikan yang digunakan adalah kolam terpal dengan ukuran 120 cm x 40 cm x 35 cm. Padat tebar ikan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berpatokan pada perbandingan volume air kolam dengan bobot total ikan, untuk 30 liter air kolam padat tebar ikan sekitar 1 kg. Sehingga didapatkan padat tebar ikan sebesar 5 kg/kolam dengan ukuran 27-29 gram/ekor.

Ikan ditebar setelah air kolam berumur satu minggu, hal ini dilakukan untuk menumbuhkan bakteri nitrifikasi yang dicirikan dengan air kolam menjadi

lebih keruh. Proses menumbuhkan bakteri nitrifikasi disebut dengan *tank cycling*. Selain menggunakan proses *tank cycling* peneliti juga memanfaatkan air kolam lama sebanyak 20 liter yang bertujuan untuk menstabilkan kandungan bakteri air kolam, sehingga ketika ikan akan ditebar ke dalam kolam, ikan akan mudah beradaptasi.

Pertumbuhan dan perkembangan ikan dapat dipengaruhi oleh ketersediaan pakan. Selain pakan alami seperti lumut dan *azolla*, terdapat juga pakan buatan seperti pelet. Pakan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pakan buatan yaitu HI-PRO-VITE. Pakan HI-PRO-VITE merupakan pakan pelet apung yang berukuran 2,3-3,0 mm, mengandung protein 31-33% dan lemak 4-6%. Pemberian pakan sebanyak 3% dari bobot total ikan (150 gram/kolam) dan pemberian pakan dilakukan 2 kali sehari yaitu pada pagi dan sore hari. Pemberian pakan dalam jumlah yang berlebihan menyebabkan penumpukan sisa pakan dan sisa metabolisme, sehingga akan mempengaruhi pertumbuhan dari ikan tersebut. Masalah penumpukan sisa pakan dan sisa metabolisme ikan dapat diatasi dengan cara nitrifikasi. Nitrifikasi yaitu tahap-tahap oksidasi amoniak menjadi nitrit dan kemudian menjadi nitrat yaitu bentuk nutrisi nitrogen yang diasimilasi oleh tanaman.<sup>56</sup>

Pada penelitian ini terdapat dua variabel yang diukur yaitu parameter kimia air kolam dan pengamatan tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.).

---

<sup>56</sup> H.M. Subandi, *Mikrobiologi Kajian dalam Perspektif Islam*, (Bandung: PT Remaja Rosdakarya, 2014), h. 167

Pembahasan tentang parameter kimia air kolam dan pengamatan tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.) adalah sebagai berikut:

### **1. Parameter Kimia Air Kolam**

Pengukuran parameter kimia air kolam (DO, amonia, nitrit dan nitrat) pada penelitian ini dilakukan sebanyak dua kali yaitu di awal tanam (berumur 16 hari) dan di akhir tanam (berumur 30 hari). Sampling air diamati di Laboratorium Budidaya Perikanan Politeknik Negeri Lampung. Sedangkan pengukuran suhu air dan pH air dilakukan dilapangan secara langsung. Untuk pengukuran parameter kimia air kolam dilakukan secara bersamaan, hal ini dikarenakan parameter kimia air kolam termasuk kedalam parameter sewaktu atau hasilnya bisa berubah sewaktu-waktu sesuai penyebabnya.

Pembahasan parameter kimia air kolam, secara keseluruhan mengikuti Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Tawar (BBPBAT) tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Untuk Budidaya Ikan. Adapun parameter kimia air kolam yang diamati pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### **a. Suhu Air**

Hasil pengukuran suhu yang didapat dari tiga perlakuan dapat disimpulkan bahwa kolam mempunyai suhu berkisar antara 26,5 °C – 29 °C. Besar nilai suhu yang diperoleh tersebut termasuk kedalam kategori normal untuk pertumbuhan ikan lele dan ikan nila, dikarenakan kisaran suhu normal yakni 25 – 30 °C. Selain itu, hasil pengukuran suhu yang

sudah dilakukan dapat dikatakan bahwa ketiga kolam dalam penelitian masih memenuhi syarat bagi pertumbuhan tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.). Suhu air merupakan faktor yang perlu mendapat perhatian utama dalam sistem akuaponik. Perubahan pada suhu air mampu mempengaruhi komponen air seperti kadar pH, oksigen terlarut, bahkan tingkah laku ikan. Jika suhu air terlalu panas, oksigen terlarut di dalam air akan berkurang. Jika suhu air terlalu rendah, ikan akan berhenti makan dan mikroorganisme berhenti bereproduksi.

b. Derajat Keasaman (pH)

Hasil pengukuran pH yang didapat dari tiga perlakuan, dapat disimpulkan bahwa ketiga perlakuan mempunyai pH berkisar antara 6 – 8. Besar kecilnya pH dapat berpengaruh terhadap komponen akuaponik seperti ikan, tanaman dan bakteri. Menurut BBPBAT (2016) besar nilai pH yang memenuhi syarat untuk budidaya ikan adalah 6,5 – 8,5.<sup>57</sup> Jika kondisi pH kurang dari 6 ( $< 6$ ) dapat menyebabkan ikan stres, mudah terserang penyakit, pertumbuhan tanaman tidak maksimal dan daya penguraian bakteri tidak optimal. Berdasarkan pengukuran pH yang sudah dilakukan, dapat dikatakan bahwa ketiga perlakuan memiliki pH yang normal dan masih sesuai untuk pertumbuhan tanaman pada sistem akuaponik.

---

<sup>57</sup> Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Tawar (2016), *Baku Mutu Air Untuk Budidaya Ikan*. <http://www.bbpbat.net/index.php/artikel/60-baku-mutu-kualitas-air-budidaya>. Diakses 20 Desember 2017

c. *Dissolved Oxygen (DO)*

Hasil pengukuran DO yang didapat dari tiga perlakuan dengan dua kali pengukuran (awal tanam dan akhir tanam), dapat disimpulkan bahwa masing-masing perlakuan mempunyai nilai DO berkisar antara 4 - 7 mg/l. Besar kecilnya kadar DO di dalam air akan mempengaruhi proses respirasi seperti ikan dan bakteri yang ada didalamnya. Pada penelitian ini oksigen yang terdapat di dalam air berasal dari aerator atau pengaturan input aliran air kolam. Berdasarkan pengukuran DO yang sudah dilakukan, dapat dikatakan bahwa ketiga perlakuan pada awal tanam dan akhir tanam memenuhi kriteria nilai baku mutu air untuk budidaya ikan yakni lebih besar dari 4 mg/l.

d. *Amonia (NH<sub>3</sub>)*

Hasil pengukuran NH<sub>3</sub> yang didapat dari tiga perlakuan dengan dua kali pengukuran (di awal tanam dan di akhir tanam), dapat disimpulkan bahwa ketiga perlakuan mempunyai NH<sub>3</sub> berkisar antara 0 – 0,17 mg/l. Besar kecilnya NH<sub>3</sub> dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan ikan. Jika kondisi NH<sub>3</sub> tinggi maka dapat menyebabkan ikan stres, terinfeksi penyakit, pertumbuhan terhambat, hingga kematian pada ikan. Berdasarkan pengukuran NH<sub>3</sub> yang sudah dilakukan, dapat dikatakan bahwa ketiga perlakuan pada awal tanam dan akhir tanam memenuhi

kriteria nilai baku mutu air untuk budidaya ikan yakni kurang dari 0,2 mg/l.

e. Nitrit ( $\text{NO}_2$ )

Hasil pengukuran  $\text{NO}_2$  yang didapat dari tiga perlakuan dengan dua kali pengukuran (di awal tanam dan di akhir tanam), dapat disimpulkan bahwa ketiga perlakuan mempunyai  $\text{NO}_2$  berkisar antara 0 – 2 mg/l. Jika kondisi  $\text{NO}_2$  tinggi maka dapat mempengaruhi pertumbuhan ikan bahkan dapat menyebabkan kematian ikan. Hasil pengukuran nitrit di awal tanam dan di akhir tanam menunjukkan perbedaan, pengukuran di awal tanam masih memenuhi kriteria nilai baku mutu air untuk budidaya ikan dibandingkan dengan pengukuran di akhir tanam, misalnya perlakuan P2 (akuaponik ikan lele) dan P3 (akuaponik ikan nila) mempunyai ukuran yang lebih besar dari 0,06. Kriteria nilai baku mutu air budidaya ikan untuk nitrit yaitu kurang dari 0,06.

f. Nitrat ( $\text{NO}_3$ )

Hasil pengukuran  $\text{NO}_3$  yang didapat dari tiga perlakuan dengan dua kali pengukuran (di awal tanam dan di akhir tanam), dapat disimpulkan bahwa ketiga perlakuan mempunyai kandungan  $\text{NO}_3$  berkisar antara 0 – 5 mg/l. Hasil pengukuran P2 pada akhir tanam lebih tinggi dibandingkan dengan di awal tanam, hal ini terjadi karena pada awal tanam ikan masih menyesuaikan diri dengan lingkungan (adaptasi) sehingga nitrat yang

dihasilkan masih sedikit. Selain itu, perlakuan P2 kandungan nitrat pada akhir tanam lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan P3, hal ini terjadi karena nafsu makan pada ikan nila lebih rendah dibandingkan ikan lele. Nitrat dihasilkan dari sisa metabolisme ikan (feses) itu sendiri. Pada sistem akuaponik kandungan  $\text{NO}_3$  sangat berpengaruh pada pertumbuhan tanaman. Nitrat dari proses nitrifikasi akan dimanfaatkan oleh tanaman sebagai sumber nutrisi yang akan diserap melalui akar-akar tanaman. Perkembangan dan pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh unsur nitrogen yang ada di dalam tanah, namun dalam sistem akuaponik unsur nitrogen berasal dari kandungan nitrat air kolam. Tanaman yang terpenuhi kebutuhan unsur nitrogen, akan dapat merangsang pertumbuhan daun baru. Menurut Hanafiah (2010) penambahan nitrogen pada tanaman juga dapat mendorong pertumbuhan organ-organ yang berkaitan dengan fotosintesis seperti daun.<sup>58</sup>

Berdasarkan pengukuran  $\text{NO}_3$  yang sudah dilakukan, dapat dikatakan bahwa ketiga perlakuan pada awal tanam dan akhir tanam belum memenuhi syarat ideal bagi pertumbuhan tanaman akuaponik. Akibatnya, pertumbuhan tanaman sawi menjadi lambat dan lama. Menurut Riawan

---

<sup>58</sup> Kemas Ali Hanafiah. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. (Jakarta: Raja Grafindo Persada, 2010), h.



(2016) kisaran aman kandungan nitrat ( $\text{NO}_3$ ) pada sistem akuaponik yaitu 10 – 150 mg/l.<sup>59</sup>

## **2. Pengamatan Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.)**

Tanaman yang dapat diterapkan dalam sistem akuaponik yaitu tanaman dengan jenis sayuran daun dan sayuran buah. Pada penelitian ini, tanaman yang digunakan adalah tanaman jenis sayuran (sawi hijau). Tanaman sawi merupakan tanaman yang relatif tahan terhadap hujan dan perubahan iklim pancaroba, sehingga tanaman tersebut sangat cocok diterapkan dengan menggunakan sistem akuaponik. Pada saat tanaman berumur 14 hari dari semai, tanaman sawi hijau diserang ulat daun. Serangan yang ditimbulkan oleh ulat daun masih tergolong ringan. Ulat daun menyerang pucuk tanaman secara bergerombol sehingga daun-daun muda menjadi berkurang.

Ulat daun beraktifitas pada pagi hari dengan memakan daun yang masih muda. Pada siang hari ulat daun berada dibagian bawah tanaman atau di tempat teduh untuk menghindari sengatan sinar matahari. Pengendalian hama ulat daun dapat dilakukan dengan cara mekanik yaitu dengan membunuh ulat daun pada pagi hari di saat ulat daun beraktifitas dan siang hari di saat ulat daun masih tidak beraktifitas. Setelah dilakukan pengendalian secara mekanik jumlah ulat daun semakin berkurang sampai akhirnya habis dan tidak terjadi serangan kembali.

---

<sup>59</sup> Nofiandi Riawan, *Step by step komplet Membuat Instalasi Akuaponik Portabel 1 m<sup>2</sup> Hingga Memanen*, (Jakarta: Agromedia Pustaka, 2013), h. 17

Pengamatan tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.) pada penelitian ini dilakukan sebanyak tiga kali yaitu saat tanaman sawi berumur 16, 23 dan 30 hari dari semai. Pengamatan tanaman sawi hijau pada penelitian ini meliputi tinggi tanaman, lebar daun dan jumlah daun.

a. Tinggi Tanaman (cm)

Pada pengukuran tinggi tanaman menunjukkan bahwa P2 (akuaponik ikan lele) lebih baik daripada P1 (non akuaponik) dan P3 (akuaponik ikan nila) sebagaimana tercantum pada Tabel 3. Hal ini dikarenakan ikan lele memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan ikan nila, sehingga konsumsi makanan ikan lele lebih tinggi dibandingkan dengan ikan nila yang pada akhirnya akan mempengaruhi banyaknya kotoran (sumber nutrisi) yang diproduksi. Pada awal ikan dimasukkan ke dalam kolam berat ikan nila rata-rata yaitu 27 gram diakhir penelitian rata-rata berat ikan nila tidak berubah. Untuk ikan lele, rata-rata berat awal 29 gram dan rata-rata berat akhir 35 gram.

b. Lebar Daun (cm)

Pada pengukuran lebar daun menunjukkan bahwa ketiga perlakuan tidak memberikan perbedaan yang nyata. Hal ini disebabkan oleh tingginya suhu air yang dapat menyebabkan kurangnya kandungan oksigen terlarut di dalam air. Menurut Riawan (2016) secara umum laju

pertumbuhan meningkat sejalan dengan kenaikan suhu hingga mencapai titik tertentu.<sup>60</sup>

c. Jumlah Daun

Hasil perhitungan jumlah daun tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.) menunjukkan bahwa ketiga perlakuan tidak berbeda nyata. Namun pada saat tanaman berumur 23 hari dan 30 hari dari semai, perlakuan akuaponik memiliki rata-rata jumlah daun yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan P1 (non akuaponik). Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan akuaponik memiliki produksi nitrat yang lebih tinggi. Nitrat dalam air kolam mampu menunjang kebutuhan tanaman sawi sebagai unsur nitrogen yang dihasilkan oleh bakteri pengurai. Unsur nitrogen tersebut dapat mendorong pertumbuhan organ-organ tanaman seperti daun.

### C. Hasil Penelitian Sebagai Sumber Belajar

Proses pembelajaran biologi menekankan pada pemberian pengalaman langsung untuk mengembangkan kompetensi peserta didik agar mampu menjelajahi dan lebih memahami alam sekitar secara ilmiah sehingga kemampuan berfikir analisis, induktif dan deduktif dalam menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan peristiwa alam sekitar dapat berkembang. Bahan ajar yang lengkap akan membantu guru dalam mengajar, dan membantu siswa dalam proses

---

<sup>60</sup> *Ibid.*, h. 14

belajar. Salah satu bahan ajar yang digunakan dalam proses belajar yaitu LKS (Lembar Kerja Siswa).<sup>61</sup>

Lembar Kerja Siswa (LKS) adalah lembaran-lembaran berisi tugas yang harus dikerjakan oleh siswa. Lembar kerja ini berisi petunjuk dan langkah-langkah untuk menyelesaikan suatu tugas yang diberikan oleh guru kepada siswanya. Tugas-tugas yang diberikan kepada siswa dapat berupa tugas teori atau tugas praktik. Lembar kerja siswa harus memenuhi paling tidak kriteria yang berkaitan dengan tercapai atau tidaknya sebuah kompetensi dasar yang harus dikuasai oleh siswa. Lembar kerja siswa sebagai jenis media pembelajaran untuk membantu siswa belajar secara terarah.

Hasil penelitian tentang aplikasi teknologi akuaponik untuk optimalisasi pertumbuhan sawi ini dapat menjadi sumber belajar pada materi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan pada kelas XII semester ganjil. Dimana tanaman sawi tidak hanya ditanam di media tanah tetapi bisa juga dapat ditanam melalui media air atau dengan sistem akuaponik. Hal ini dapat dijadikan sumber belajar bagi peserta didik dalam bentuk LKS, karena melalui LKS siswa dapat melakukan aktivitas sekaligus memperoleh ringkasan dari materi yang menjadi dasar aktivitas tersebut.

---

<sup>61</sup> Theresia Widyantini, *Penyusunan Lembar Kegiatan Siswa (LKS) Sebagai Bahan Ajar* (Artikel), h. 2

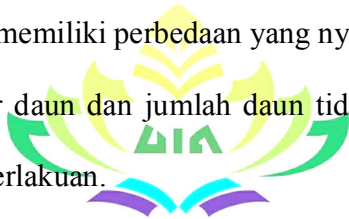
## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan ditunjang analisis data serta pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengukuran tinggi tanaman sawi dari ketiga perlakuan memiliki perbedaan yang nyata pada hari ke 30.
2. Pengukuran lebar daun dan jumlah daun tidak memberikan perbedaan yang nyata pada tiap perlakuan.



#### **B. Saran**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka disarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjut dengan jenis ikan dan ukuran yang berbeda.
2. Jumlah ikan untuk akuaponik diperbanyak agar nutrisi yang menunjang pertumbuhan sawi mencukupi.
3. Ketelitian dan ketepatan pengambilan sampel atau pengukuran saat penelitian perlu ditingkatkan, agar mengurangi kemungkinan kesalahan saat pengukuran sampel.

4. Perlunya kesadaran diri baik dari tingkat petani maupun konsumen untuk memulai mengonsumsi sayuran organik tanpa bahan kimia untuk mengurangi masalah penyakit di kemudian hari.
5. Perlu dilakukan pengadaan alat penelitian di laboratorium agar lebih lengkap, sehingga mahasiswa yang akan melakukan penelitian eksperimen lebih mudah. Ketersediaan alat untuk mengukur senyawa kimia dalam kolam merupakan salah satu faktor penghambat kegiatan penelitian.
6. Perlunya pengembangan bahan ajar Biologi oleh guru Biologi ditingkat SMA khususnya pada materi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan.
7. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sumber belajar dan dikembangkan oleh guru Biologi pada mata pelajaran Biologi SMA kelas XII semester ganjil dalam materi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan.

## DAFTAR PUSTAKA

- AAK, *Petunjuk Praktis Bertanam Sayuran*, Yogyakarta: Kanisius, 1992.
- Avnimelech, Y. 2006. Bio-Filter: The need for an new comprehensive approach  
Aquacultural Engineering, 34(3):172-178. *Abstract*.  
[http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6T4C4G4N5TJ](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T4C4G4N5TJ). Diakses pada 22 Januari 2017.
- Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Tawar (2016), *Baku Mutu Air Untuk Budidaya Ikan*. <http://www.bbpbat.net/index.php/artikel/60-baku-mutu-kualitas-air-budidaya>. Diakses 20 Desember 2017
- Bambang Cahyono, *Budi Daya Ikan Air Tawar*, Yogyakarta: Kanisius, 2000.
- Bambang Gunadi dan Rani Hafsaridewi, "Pengendalian Limbah Amonia Budidaya Ikan Lele dengan Sistem Heterotrofik Menuju Sistem Akuakultur Nir-Limbah". *J. Ris. Akuakultur*, Vol. 3 No. 3 (Tahun 2008), h. 437-448.
- Cahyo Saparinto, *Panduan Lengkap Bisnis dan Budidaya Lele Unggul*, Yogyakarta: Lily Publisher, 2012.
- Cahyo Saparinto, Rini Susiana, *Panduan Lengkap Budidaya Ikan dan Sayuran dengan Sistem Akuaponik*, Yogyakarta: Lily Publisher, 2014.
- Craigh S. and L.A. Helfrich.. Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding. *Virginia Cooperative Extension Service Publication*. 420-256: 1-4.
- Departemen Agama RI, *Al-Qur'an dan Terjemahannya*, Bandung: Diponegoro, 2015.
- Dewangga Kusuma, *Optimalisasi Produksi Budidaya Ikan Konsumsi Air Tawar*, Bogor: IPB, 2006.
- Eko Haryanto, *et.al. Sawi dan selada*, Jakarta: Penebar Swadaya, 2007.
- Fathulloh A.S., N. S. Budiana, *Akuaponik Panen Sayur Bonus Ikan*, Jakarta: Penebar Swadaya, 2015.

Fernandes, “Budidaya Sawi Hijau” (On-line), tersedia di: <http://andisubawa.wordpress.com/2010/03/12/budidaya-sawi-hijau/>. Diakses pada 22 Januari 2017.

Galuh Budi Widiyantara, “Kinerja Produksi Pendederan Lele Sangkuriang (*Clarias* sp.) Melalui Penerapan Teknologi Pergantian Air 50%, 100%, Dan 150% Per Hari”. Skripsi Institut Pertanian Bogor, 2009.

H. Khairuman, Khairil Amri, *Pembesaran Nila di Kolam Air Deras*, Jakarta Selatan: PT. Agro Media Pustaka, 2012.

H.M. Subandi, *Mikrobiologi Kajian dalam Perspektif Islam*, Bandung: PT Remaja Rosdakarya, 2014.

Kemas Ali Hanafiah, *Rancangan Percobaan Teori & Aplikasi*, Jakarta: Rajawali Pers, 2011.

Kemas Ali Hanafiah. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Raja Grafindo Persada. Jakarta. 2010

M. Ghufrani H, Kordi K, *Budidaya Ikan Lele di Kolam Terpal*, Yogyakarta: ANDI, 2010.

Margono, *Metodologi Penelitian Pendidikan*, Jakarta: Rineka Cipta, 2009.

Mohammad Farhan Quadratullah, *Statistik Terapan: Teori, Contoh Kasus, dan Aplikasi dalam SPSS*, Yogyakarta: ANDI, 2014.

Nofiandi Riawan, *Step by Step Membuat Instalasi Akuaponik Portable 1 m<sup>2</sup> Hingga Menganen*, Jakarta: AgroMedia Pustaka, 2016.

Nugraheni Widyawati, *Urban Farming Gaya Bertani Spesifik Kota*, Yogyakarta: Lily Publisher, 2013.

Paulus Nugrahaaji, Wargiyatno dan Meilina Kristinawati, *Rahasia Sukses Bisnis dan Budidaya Lele Unggul*, Yogyakarta: Lily Publisher, 2013.

Pinus Lingga, *Hidroponik: Bercocok Tanam Tanpa Tanah*, Jakarta: Penebar Swadaya, 1999.

Robert J. Kodoatie, Roestam Sjarief, *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*, Yogyakarta: Andi Offset, 2005.



Rofiq Fariudin, Endang Sulistyaningsih, Sriyanto Waluyo, “Pertumbuhan Dan Hasil Dua Kultivar Selada (*Lactuca sativa* L.) Dalam Akuaponika Pada Kolam Gurami Dan Kolam Nila”. *Jurnal Pertanian* (Tahun 2014), h. 246-262

S. Rachmatun Suyanto, *Nila*, Jakarta: Penebar Swadaya, 2008.

Soekidjo Notoadmodjo, *Metode Penelitian Kesehatan*, Jakarta: Rineka Cipta, 2010.

Theresia Widyantini, *Penyusunan Lembar Kegiatan Siswa (LKS) Sebagai Bahan Ajar* (Artikel)

Tim Karya Tani Mandiri, *Pedoman Budidaya Beternak Ikan Nila*, Bandung: Nuansa Aulia, 2009.

Zainoedhin Judho Dwi P. S. Hut, *Bertanam Sawi Dalam Polybag*, Bandung: Sinergi Pustaka Indonesia, 2006.

Zulkarnain, *Budidaya Sayuran Tropis*, Jakarta: Bumi Aksara, 2013.



